

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL MONTAJE DE UN SISTEMA DE  
TRIGENERACIÓN EN LA PLANTA PROCESADORA DE ALIMENTOS M Y M**

**JOSE CARLOS MONTERO VEGA  
ANGÉLICA MARÍA BERNAL PICO**

**TESIS PARA OPTAR AL TÍTULO DE MAGÍSTER EN GESTIÓN Y EVALUACIÓN  
DE PROYECTOS DE INVERSIÓN**

**DIRECTOR TRABAJO DE GRADO  
DOCTOR CARLOS RICARDO REY CAMPERO**

**UNIVERSIDAD EXTERNADO DE COLOMBIA  
FACULTAD DE ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS  
BOGOTÁ D.C. NOVIEMBRE DE 2019**

## DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS

*Esta tesis está dedicada a nuestras familias quienes nos acompañaron y apoyaron a lo largo del desarrollo de nuestros estudios de maestría.*

*Agradecemos al Doctor Carlos Ricardo Rey por todo el apoyo y guía recibido a lo largo del desarrollo de esta tesis y al señor Manuel Salvador Castillo, propietario de la empresa Procesadora de Alimentos M y M, por permitirnos participar en sus nuevos proyectos de inversión.*

## TABLA DE CONTENIDO

pág.

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>viii</b>
<b>1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>1</b>
1.1. Antecedentes del problema .....	1
1.2. Problemática u oportunidad .....	3
1.3. Preguntas de investigación .....	4
1.4. Objetivo.....	5
1.4.1 Objetivos específicos.....	5
1.5. Alcance y limitaciones .....	5
1.6. Justificación.....	6
1.7. Supuestos de investigación .....	7
<b>2. MARCO REFERENCIAL.....</b>	<b>8</b>
2.1. Estudios de factibilidad .....	8
2.2. Generación de energía eléctrica .....	11
2.2.1 Panorama de los sistemas de cogeneración y trigeneración .....	15
<b>3. DISEÑO METODOLÓGICO.....</b>	<b>18</b>
<b>4. PROPUESTA .....</b>	<b>20</b>
4.1. Análisis de la demanda energética interna .....	20
4.1.1 Producción proyectada .....	22
4.1.2 Demanda proyectada de energía eléctrica .....	23
4.1.3 Demanda proyectada de energía térmica.....	27
4.1.4 Demanda proyectada de refrigeración .....	29
4.2. Estudio técnico .....	31
4.2.1 Diseño conceptual sistema convencional de suministro.....	32

4.2.2 Diseño conceptual sistema de trigeneración energética .....	39
4.3. Revisión normativa .....	44
4.3.1 Normatividad energética en proyectos de trigeneración. ....	44
4.3.2 Normatividad ambiental en proyectos de trigeneración. ....	47
4.4. Evaluación financiera.....	49
4.4.1. Supuestos .....	50
4.4.2. Escenarios .....	54
4.4.3. Proyecciones y flujos de caja libre de los escenarios .....	55
4.4.4. Decisión de inversión .....	60
4.4.5. Resultado evaluación financiera - escenario seleccionado –.....	65
4.5. Plan de implementación .....	68
4.5.1. Alcance de la implementación del sistema de trigeneración .....	69
4.5.2. Costo de la implementación del sistema de trigeneración.....	72
4.5.3. Tiempo de la implementación del sistema de trigeneración.....	73
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>74</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>76</b>

## LISTA DE TABLAS

**pág.**

Tabla 1. Propósito de los estudios de factibilidad en los proyectos.....	11
Tabla 2. Parámetro de funcionamiento típicos de las tecnologías .....	16
Tabla 3. Clientes típicos para los sistemas de cogeneración y trigeneración .....	17
Tabla 4. Metodología utilizada para el desarrollo de los objetivos del trabajo .....	18
Tabla 5. Producción de agua tratada proyectada para los próximos 10 años .....	22
Tabla 6. $PMAX_e$ proyectada para Procesadora de Alimentos M y M en $kW_e$ . ....	24
Tabla 7. Consumo de energía eléctrica actual de la planta. ....	25
Tabla 8. Consumo de energía eléctrica final proyectada para la planta.....	26
Tabla 9. Demanda de energía eléctrica proyectada para los próximos 10 años .....	26
Tabla 10. $PMAX_i$ proyectada para Procesadora de Alimentos M y M.....	28
Tabla 11. Demanda de energía térmica proyectada para los próximos 10 años .....	28
Tabla 12. $PMAX_{t-f}$ proyectada para Procesadora de Alimentos M y M .....	30
Tabla 13. Demanda de refrigeración proyectada para los próximos 10 años .....	31
Tabla 14. Detalle sistema de suministro eléctrico convencional planteado.....	33
Tabla 15. Detalle sistema de suministro térmico convencional planteado .....	34
Tabla 16. Detalle sistema de refrigeración convencional planteado.....	36
Tabla 17. Salidas sistema convencional de suministro energético proyectado. ....	37
Tabla 18. Capital estimado para el montaje del sistema energético convencional .....	38
Tabla 19. Detalle sistema de trigeneración planteado .....	41
Tabla 20. Salidas sistema trigeneración energética proyectado.....	42
Tabla 21. Capital estimado para el montaje del sistema energético trigeneración .....	43
Tabla 22. Estándares de emisiones admisibles para centrales térmicas nuevas .....	48
Tabla 23. Tarifa histórica servicio energía eléctrica Electricaribe COP.....	50
Tabla 24. Tarifa histórica servicio gas natural Gases de la Guajira COP .....	51
Tabla 25. Tarifa de impuesto de renta 2019 y años siguientes .....	51
Tabla 26. Incentivos tributarios tomados en valoración financiera del escenario de trigeneración.....	52
Tabla 27. Descripción escenarios a implementar .....	54

Tabla 28. Resumen demanda de energías requeridas .....	55
Tabla 29. Consumo servicio público (Sistema convencional).....	56
Tabla 30 Consumo servicio público (Sistema trigeneración) .....	56
Tabla 31. Proyección mantenimiento sistema convencional .....	56
Tabla 32. Proyección mantenimiento sistema trigeneración .....	57
Tabla 33. Depreciación anual escenarios.....	57
Tabla 34. Proyección del impuesto de renta y complementarios.....	57
Tabla 35. Proyección Escenario 1 (Sistema Convencional) .....	58
Tabla 36. Proyección Escenario 2 (Sistema Trigeneración).....	59
Tabla 37. Flujos de caja libre determinísticos de los escenarios .....	60
Tabla 38. Flujos de caja diferencial entre sistema convencional y trigeneración.....	63
Tabla 39. Flujos de caja sin financiación sistema de trigeneración .....	66
Tabla 40. Cálculo de WACC Trigeneración con financiación .....	66
Tabla 41. Amortización deuda Escenario 2 – Trigeneración.....	67
Tabla 42. Flujos de caja con financiación sistema de trigeneración.....	67
Tabla 43. Alineación del proyecto con objetivo estratégico Procesadora M y M .....	68
Tabla 44. Detalle estructura descomposición del trabajo implementación sistema de trigeneración.....	71

## LISTA DE FIGURAS

**pág.**

<b>Figura 1.</b> Fases del ciclo de vida de un proyecto .....	8
<b>Figura 2.</b> Distribución general de la planta Procesadoras de Alimentos M y M .....	20
<b>Figura 3.</b> Comportamiento típico de la PMA <sub>Xe</sub> en un día de producción. ....	24
<b>Figura 4.</b> Diseño conceptual sistema convencional de suministro energético.....	32
<b>Figura 5.</b> Diseño conceptual del sistema trigeneración energética. ....	40
<b>Figura 6.</b> Línea de tiempo – regulación energía renovables. ....	44
<b>Figura 7.</b> Incentivos Tributarios Ley 1715 de 2014 y normatividad vigente .....	47
<b>Figura 8.</b> Evaluación financiera implementación planta de trigeneración.....	50
<b>Figura 9.</b> Análisis Valor Presente Neto del FCL Escenario 1 .....	62
<b>Figura 10.</b> Análisis de sensibilidad del Valor Presente Neto del FCL Escenario 1.....	62
<b>Figura 11.</b> Análisis Valor Presente Neto del FCL Escenario 2 .....	63
<b>Figura 12</b> Análisis de sensibilidad del Valor Presente Neto del FCL Escenario 2.....	63
<b>Figura 13.</b> Análisis Valor Presente Neto Flujo de Caja Diferencial .....	65
<b>Figura 14.</b> Payback respecto a ahorros de implementación entre escenarios .....	66
<b>Figura 15.</b> EDT proyecto de implementación sistema de trigeneración.....	71
<b>Figura 16.</b> Presupuesto implementación sistema de trigeneración .....	73
<b>Figura 17.</b> Diagrama de Gantt – Implementación sistema de trigeneración.....	74

## INTRODUCCIÓN

La energía es fundamental para el desarrollo y crecimiento del sector industrial colombiano. Según el Departamento Nacional de Planeación (DNP), este sector consume cerca del 25% de la energía generada en Colombia, de la cual el 78% se asocia al consumo de energía térmica y el 22% restante al consumo de energía eléctrica (DNP, 2017).

Una de las actividades productivas del sector industrial es la relacionada con alimentos y bebidas. Según el mismo DNP (2017), esta actividad constituye el 16% del sector. Las empresas relacionadas con esta actividad demandan para el movimiento de sus equipos energía eléctrica y para el desarrollo de sus procesos energía térmica y refrigeración. Convencionalmente la energía eléctrica es tomada externamente del Sistema Interconectado Nacional y la energía térmica y refrigeración son generadas en sitio a partir de sistema de caldera de vapor a gas natural y sistema de refrigeración eléctricos respectivamente.

Procesadora de Alimentos M y M, tal como lo indica la Cámara de Comercio de La Guajira, es una microempresa localizada en Maicao, departamento de La Guajira, cuyo objeto económico es el procesamiento de agua para su comercialización en diversas presentaciones. Actualmente esta empresa se encuentra en su proceso de crecimiento corporativo por lo cual ha decidido aumentar la capacidad de procesamiento de su planta e introducir tres nuevas líneas de negocio, envase de agua en botellas PET, producción de botellas PET y procesamiento y empaque de jugos. Este crecimiento implica entre otros retos definir el suministro de la nueva demanda eléctrica proyectada de la planta, al igual que suplir la demanda de energía térmica y refrigeración requerida con la introducción de sus nuevas líneas de negocio.

En la actual la red de suministro de energía eléctrica de la zona donde se localiza Procesadora de Alimentos M y M viene presentando una alta frecuencia de cortes y estabilidad del suministro del servicio a sus usuarios, a los cuales en el corto y mediano plazo las autoridades



energéticas no proyectan una solución definitiva. En este sentido y sabiendo de las nuevas exigencias de tipo energético que demandará su planta y los costos que podría significar para su operación, los directivos de la empresa quieren explorar como alternativa adicional al montaje de su sistema de suministro energético convencional, la conveniencia de suplir la demanda de energía eléctrica, térmica y refrigeración a partir de un sistema de trigeneración energética.

El presente trabajo de grado tiene como objetivo principal el desarrollo de un estudio de factibilidad el cual pueda ser utilizado por la empresa Procesadora de Alimentos M y M como referencia para definir el tipo de suministro energético con el cual operan su planta en los próximos diez años.

El estudio en una primera parte determina los requerimientos eléctricos, térmicos y refrigeración proyectados para la planta. En una segunda parte plantea un sistema de suministro energético convencional y un sistema de trigeneración con un motogenerador. En una tercera parte desarrolla una revisión de las normativas ambientales y energéticas que deberán tenerse en cuenta en la implementación de este tipo de sistema. En una cuarta parte presenta una evaluación financiera de la inversión y se analizan los indicadores obtenidos. En una quinta parte se desarrolla el alcance, costo, tiempo, calidad y riesgos asociados a la implementación del proyecto. Finalmente se presentan las conclusiones de los objetivos planteados y las referencias bibliográficas consultadas a lo largo de la estructuración de este proyecto.

## **1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. Antecedentes del problema**

Procesadora de alimentos M y M es una pyme dedicada al tratamiento y envasado de agua para el consumo humano, con una planta localizada en el municipio de Maicao, La Guajira. Según entrevista de conocimiento general realizada a socios fundadores de Procesadora M y M, el 3 de noviembre de 2018 (Procesadora de Alimentos M y M, 2019), el mercado para su principal marca: Agua Brix, está representado por las empresas, tiendas mayoristas y personas naturales, ubicadas principalmente en el área urbana de Maicao y municipios aledaños.

La empresa nace como una iniciativa familiar la cual encontró en la falta de suministro de agua potable de Maicao una oportunidad para abastecer a sus habitantes del vital líquido a través de bolsas plásticas y botellones. Durante sus inicios los socios fundadores adquirieron las primeras máquinas para el tratamiento y envase de agua, con las cuales produjeron sus primeros lotes de producto y ganaron espacio en el mercado de alimentos y bebidas del municipio. Con posterioridad y dada la gran acogida de su producto, sus esfuerzos se enfocaron en mejorar internamente sus procesos y lograr una logística de distribución más eficiente que les garantizara la llegada de sus productos a una mayor cantidad de cliente con un producto de altos estándares de calidad y precio por debajo de los cobrados por las grandes marcas de bebidas con presencia a nivel nacional tales como Postobon y Coca Cola FEMSA. Fruto de este gran esfuerzo, en la actualidad la marca Agua Brix cuenta con una presencia reconocida en el mercado del agua en Maicao y los municipios aledaños y una robustez empresarial y financiera que genera ingresos anuales a la empresa de aproximadamente COP\$ 1.000 millones (Procesadora de Alimentos M y M, 2019).

La visión de mediano y largo plazo de Procesadora de Alimento M y M se enfoca en consolidar su marca de agua en todo el departamento de La Guajira y en la diversificación de su portafolio de productos con artículos complementario. Para el logro de estos dos objetivos, los socios decidieron direccionar sus recursos en la sustitución de su antigua planta por una nueva,

con mayor área que les permitiera aumentar su capacidad de procesamiento de agua y consolidar las nuevas líneas de producción de envases PET<sup>1</sup> y procesamiento de jugos en desarrollo.

La consolidación de la nueva planta ha traído para la empresa nuevos retos, especialmente en lo operativo, en donde se ha encontrado con el desafío de asegurar condiciones más estrictas para el suministro de la energía eléctrica y la adecuación de la planta para la autogeneración de la energía térmica (vapor o agua caliente) y frío. Estas características como lo indica Manuel Castillo, uno de los socios de la empresa, se enmarcan en el aseguramiento de tres parámetros: estabilidad, calidad y disponibilidad energética (Procesadora de Alimentos M y M, 2019). De las tres, la energía eléctrica es la de mayor consumo en la planta, sirve tanto para el funcionamiento de la mayor parte de los equipos de todas las líneas de procesamiento, al igual que se proyecta como la fuente de energía primaria para el funcionamiento del sistema de refrigeración, requerido para la línea de procesamiento de jugo. La forma actual de adquirir este servicio es comprándola al Sistema Interconectado Nacional a través de un comercializador adscrito al Mercado de Energía Mayorista (MEM)<sup>2</sup>.

Es de conocimiento público que, en La Guajira, así como en gran parte de los municipios de la costa atlántica colombiana, la calidad del suministro eléctrico, significa uno de los problemas de competitividad más agudos a los que se ven expuestas las empresas (Diario Costa Noticias, 2018; Diario El Espectador, 2016; Emisora Atlantico Espectacular, 2016). Este fenómeno se presenta dada las bajas inversiones en infraestructura y mantenimiento eléctrico que presenta la red local de distribución y la imposibilidad del operador Electrificadora del Caribe S.A. E.S.P. - Electricaribe para administrarla. Este ha sido objeto de seguimientos por múltiples entidades gubernamentales, entre ellas el Ministerio de Minas y Energía (MINMINAS), la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (Superservicios) entre otras, sin que exista una salida clara a esta problemática en el mediano plazo (Contraloría General de la República, 2017; Diario Costa Noticias, 2018; El Herald, 2016; MINMINAS, 2016).

---

<sup>1</sup> PET: El tereftalato de polietileno es un tipo de plástico usado en mayor medida en envases de bebidas y textiles

<sup>2</sup> MEM es el sistema en donde se transa toda la energía requerida por los usuarios del Sistema Interconectado Nacional.

Procesadora de Alimentos M y M no ha sido ajeno a esta problemática regional, la deficiencia en el suministro de este servicio le ha significado en repetidas ocasiones, pérdidas de tiempo, lotes de productos, averías en equipos y descontentos de los clientes por incumplimientos de compromisos de pedidos. Estos inconvenientes una vez entre en funcionamiento la línea de procesamiento de jugo, lo que significaría sobre costos muy altos para la operación de la empresa y por ende disminución de la competitividad de sus productos en el mercado.

## **1.2. Problemática**

Dada las restricciones del servicio de energía eléctrica actualmente contratado y las implicaciones que podrá tener de cara al futuro en la competitividad de la empresa, los socios de Procesadora de Alimento M y M, durante algún tiempo se dieron a la tarea de estudiar diversas tecnologías alternativas con las cuales pudieran asegurar el suministro eléctrico idóneo para su nueva planta, hasta llegar a la alternativa de la trigeneración energética.

Las energías requeridas en los procesos productivos son generadas normalmente en forma separada. Para el caso de la energía eléctrica, convencionalmente se adquiere de la red eléctrica nacional y la energía térmica y refrigeración son autogenerada en el sitio de utilización a través de calderas de vapor y sistema de refrigeración eléctricos respectivamente. Cuando se habla de los sistema de trigeneración, tal como lo indican Marinova et al (2007), se hace referencia normalmente a la utilización de una fuente energética primaria para ser transformada en tres tipos de energías útiles mediante la integración de dos tipos de tecnología: el ciclo combinado de energía o Combine Heat Power (CHP) y un sistema térmico para la generación de refrigeración

Inicialmente la energía primaria es utilizada para su transformación en energía eléctrica, el calor residual es utilizado como energía térmica y a través de un sistema de refrigeración por absorción se genera refrigeración.

Para el caso particular de Procesadora de Alimentos M y M, se plantea utilizar el suministro de Gas Natural Comprimido (GNC) de alta confiabilidad, instalado en la planta y utilizarlo en un

sistema combinado de motor y generador para producir el flujo de energía eléctrica constante requerido por los equipos de la planta. En paralelo, el vapor y el frío que igualmente requerirían los procesos sería obtenido a partir del calor que se genera de los gases y cuerpo del motor utilizando un equipo complementario denominado Chiller de Absorción.

Para contemplar esta alternativa no convencional de suministro energético, los socios de Procesadora de Alimento M y M han decidido evaluar la factibilidad de implementar este sistema a partir de un análisis de la demanda energética de la nueva planta, el planteamiento de un diseño base para el montaje de este tipo de sistema, revisión de las normativas energéticas y ambientales aplicables y una evaluación financiera del proyecto de inversión.

### **1.3. Preguntas de investigación**

- ¿Cuál es la demanda y condiciones de suministro energético requeridas por la operación de la nueva planta de Procesadora de Alimento M y M?
- ¿Cuál sería el diseño base del sistema de trigeneración con el cual se podría atender la demanda y condiciones de suministro energético de Procesadora de alimentos M y M?
- ¿Cuáles son las normativas ambientales y energéticas nacionales aplicables al sistema de trigeneración planteado?
- ¿Sería viable financieramente para Procesadora de Alimentos M y M, asegurar su suministro energético mediante un sistema de trigeneración?
- ¿Cómo implementar el sistema de trigeneración en la planta de Alimentos M Y M?

## **1.4. Objetivo**

Estructurar un estudio de factibilidad para el montaje de un sistema de trigeneración energética para la planta Procesadora de Alimentos M y M.

### **1.4.1 Objetivos específicos**

- Definir la demanda y condiciones de suministro energético de la planta de procesadora de Alimentos M y M.
- Desarrollar un estudio técnico que defina el diseño base del sistema de trigeneración para suplir la demanda energética definida para Procesadora de Alimento M Y M.
- Revisar las normativas ambientales y energéticas aplicables para el establecimiento del sistema de trigeneración.
- Evaluar financieramente el proyecto de implementación del sistema de trigeneración.
- Definir el plan de implementación en alcance, tiempo y costo del proyecto.

## **1.5. Alcance y limitaciones**

El presente trabajo se ha enfocado a evaluar la factibilidad de un sistema de trigeneración energética para la nueva planta de Procesadora de Alimento M y M, localidad en el Municipio de Maicao, La Guajira. La evaluación tendrá como base el análisis de la demanda energética de la planta y a partir de este se plantea un diseño base de un sistema de trigeneración energética a partir de GNC que la satisfaga.

Basados en este diseño, se identifica, dentro de la legislación ambiental y energética colombiana, las diferentes normativas que debe cumplir la empresa para la puesta en marcha de

este tipo de inversiones. Finalmente, basados en la información anteriormente descrita y con la consecución de una cotización con proveedores de tecnología y montaje, se elabora una evaluación financiera y se define la gestión administrativa para su manejo.

El desarrollo del estudio estará fundamentado en los datos técnicos, financieros y experiencias proporcionada por la gerencia de Procesadora de Alimentos M y M, al igual que la información referenciable de proyectos similares. El estudio no contempla el desarrollo de análisis complementarios de montaje o posterior operación del sistema de suministro energético.

## **1.6. Justificación**

La propuesta de autogenerar la energía requerida por la planta de Procesadora de Alimentos M y M, busca en principio, reducir los posibles impactos negativos que traería la producción la actual problemática de suministro eléctrico por la que atraviesa la región, entre otros, pérdidas de lotes de productos, averías de equipos o pérdidas de capacidad de producción. Adicionalmente se busca explorar nuevas alternativas al suministro energético convencional que permitan a la empresa reducir los actuales costos por energía eléctrica por unidad de agua procesada y conseguir un costo favorable para la energía térmica y refrigeración que proyecta tener con la entrada en operación de sus nuevas líneas de producción de botellas PET y jugos.

## **1.7. Supuestos de investigación**

El deficiente suministro energético al que se ve sometidos los procesos productivos de la planta de Procesadora de Alimento M y M, ponen en riesgo la competitividad de los productos comercializados. Para determinar si la trigeneración es una alternativa tecnológica con posibilidad de asegurar el correcto suministro energético de la planta con un costo de inversión de alto retorno, es necesario elaborar un estudio de factibilidad.

El estudio de factibilidad para el sistema de trigeneración, pretende ser una herramienta para la toma de decisión, cuyo contenido está fundamentado en cuatro aspectos específicos. El primer aspecto, analiza la cantidad actual y proyectada de energía que demanda la planta, al igual que las características que deberá tener el suministro y los beneficios en términos de proceso, administrativos y financieros que espera cubrir Procesadora de Alimentos M Y M con el montaje del sistema de trigeneración.

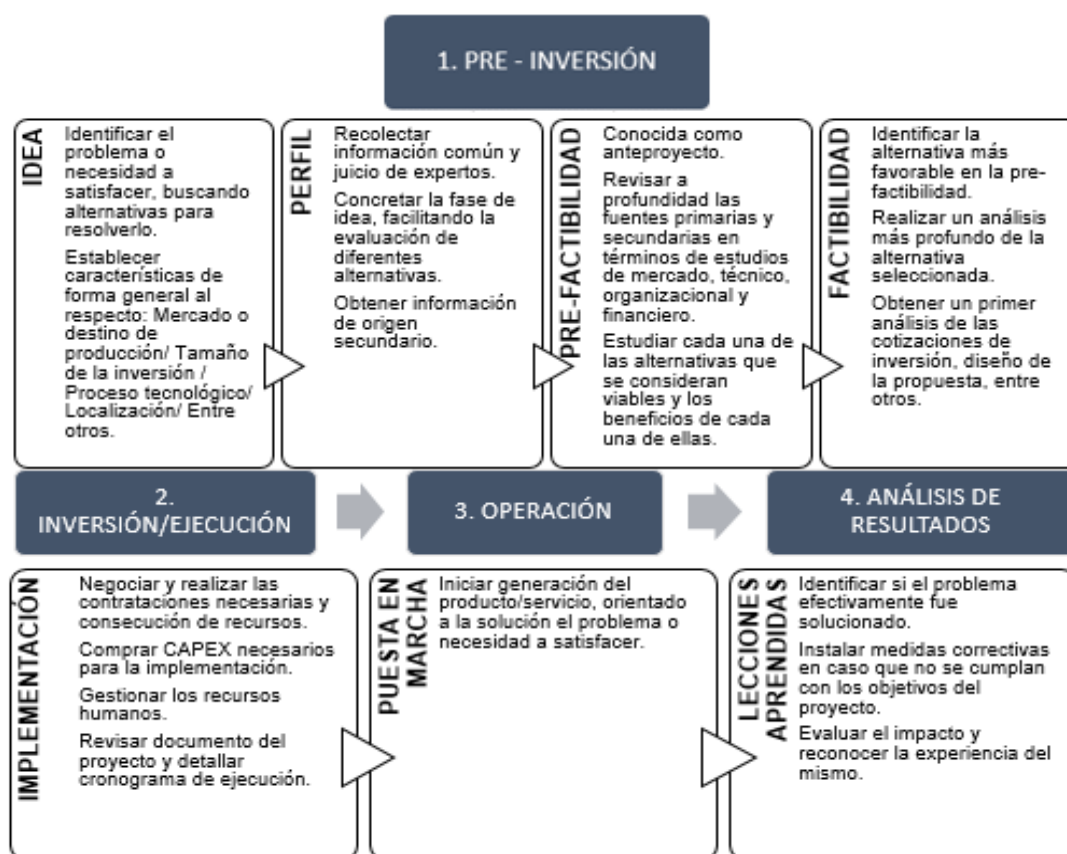
Al final la aplicación de esta herramienta metodología de evaluación, brindará a Procesadora de Alimentos M Y M información suficiente que los guíe en la toma de decisión sobre la viabilidad de invertir este tipo de sistema de suministro energético y a establecer los potenciales beneficios tanto técnicos, como administrativos y financieros que obtendrían con su implementación en la nueva planta de procesamiento.



## 2. MARCO REFERENCIAL

### 5.1. Estudios de factibilidad

El ciclo de vida de los proyectos de inversión está compuesto por cuatro fases fundamentales (Córdoba, 2011): pre-inversión, inversión/ejecución, operación y por último y no menos importante la evaluación de resultados, ver **Figura 1**. Según Institute (2004), se describen dichas fases con el fin de articular el inicio del proyecto con su fin, permitiendo secuencialmente el inicio de cada una de las fases; de manera que al ser cada proyecto único, partirá los entregables de cada fase y subfases del proyecto, según las características y requerimientos del mismo.



**Figura 1.** Fases del ciclo de vida de un proyecto

**Fuente:** Elaboración propia a partir de (Córdoba, 2011)

Dicho lo anterior e ilustradas las fases del ciclo de los proyectos, se hace énfasis en la **etapa de factibilidad** dado al alcance del proyecto de la Procesadora M y M, de manera que ya se ha realizado un análisis de la idea, un estudio de perfil y la realización de un análisis de pre-factibilidad por parte de José Montero a partir de sus experiencia laboral en dichos estudios como consultor de energías, el resultado de dicho estudio de pre-factibilidad demostró el sistema de trigeneración energética como la alternativa más favorable y viable ante el problema del presente documento.

La etapa de factibilidad tiene como objetivo profundizar en las fuentes de información asociadas al proyecto y examinar con mayor detenimiento los estudios realizados de la opción más favorable y así consolidarlos con el fin de evaluar la viabilidad por cada uno; proporcionando de esta forma apoyo a la toma de decisiones de los inversionistas, es decir, continuar con la siguiente fase que es efectuar o no la inversión, a miras de una adecuada asignación de recursos. El estudio de factibilidad debe apuntar a generar: Identificación plena del proyecto a través de los estudios (Mercado, técnico, financiero, normativo), diseño del modelo administrativo adecuado para cada etapa del proyecto, estimación de las inversiones a realizar y su cronología, identificación fuentes de financiación, definición de términos de contratación, y si es necesario evaluación a sometimiento de entidades vigilancia (Jose & Miranda, 2005).

Ahora veamos, el análisis en la etapa de factibilidad dependerá del tipo de proyecto, dado que un proyecto puede ser clasificado en una amplia gama según el problema o necesidad a satisfacer, ya sea por su naturaleza, área al que pertenece, fin buscado, impacto a la empresa, origen de los recursos (Córdoba, 2011). Se encuentran en la literatura clasificaciones tanto de proyectos de nuevos emprendimientos, como proyectos para la satisfacción de una necesidad o mejora de una empresa creada.

Sapag Chain, (2001) define una clasificación respecto a las empresas en marcha, diferenciando claramente los proyectos inversión para modificar una situación existente (cambio, mejora o modernización), los cuales requieren consideraciones y procedimientos de trabajo distintos, a los de un proyecto de categoría de creación de nuevas líneas de negocio o búsqueda de mercados.

Entre la tipología realizada por Sapag Chain, (2001) se encuentra el objeto de inversión, exponiendo la creación de nuevos negocios o a la modernización, éste último incluye: Externalización (Outsourcing), Internalización (Incorporar a la empresa productos o servicios que le prestan empresas externas), Reemplazo de activos, Ampliación (Niveles de operación de la empresa) o Abandono. El problema planteado de la Procesadora M y M hace frente a un proyecto de **reemplazo de activos** que puede implicar cambio o no en algunos costos, más no en los ingresos actuales, ni en el nivel de operación de la empresa.

De manera que, una vez identificado que un proyecto va enfocado a modificar una situación existente de una empresa en marcha, sólo deben considerarse aquellas variables que afecten costos y beneficios que son relevantes para la decisión a tomar, dado que ya existen costos asociados en la operación que no cambiarán así se lleve o no a cabo el proyecto, es decir, no se deben tomar todos los ítems asociados a la inversión como si fuera un proyecto enfocado a buscar nuevos negocios o mercados (Nassir & Sapag Chain, 2008).

Llegados al punto de identificar el tipo de proyecto y teniendo claridad del objetivo que persigue la etapa de factibilidad en profundizar los estudios realizados de la opción más favorable y analizar la viabilidad por cada uno de los estudios a fin de consolidarlos, se presenta a continuación cada uno de las viabilidades y su propósito dentro de la etapa y análisis de la inversión a realizar:

**Tabla 1.** Propósito de los estudios de factibilidad en los proyectos

<b>Estudio/Factibilidad</b>	<b>Propósito</b>
<b>Demanda Interna</b>	El análisis de demanda al ser un proyecto de empresa en marcha enfocado a modernización se hace a nivel interno a partir de una identificación de la demanda interna que necesita el proyecto y de esta forma estimar los costos y beneficios relevantes para la toma de decisión de remplazo de activos.
<b>Técnico</b>	Determinación del tamaño y optimización del proyecto, realizando un análisis de ingeniería que permita la identificación de los costos operacionales acompañado de los costos de inversión.
<b>Legal</b>	Revisión la normativa en los ámbitos que afecten al proyecto tanto externo como interno, a miras de una adecuada instalación y operación del proyecto sin ningún impedimento legal y normativo.
<b>Económico</b>	Consolidación de las etapas anteriores a fin de plasmarlas en términos monetarios y de esta forma realizar un análisis en dos etapas: Flujos con los respectivos ingresos y egresos y evaluación del proyecto determinando la rentabilidad del mismo y sensibilidad.
<b>Gestión</b>	Diagnóstico de la capacidad gerencial para llevar a cabo el proyecto en caso de decidir realizar la inversión, además de la adecuada operación del mismo.

*Fuente:* Elaboración propia a partir de (Nassir & Sapag Chain, 2008; Sapag, 2001)

## 5.2. Generación de energía eléctrica

Como principio de funcionamiento, la generación de energía eléctrica consiste en el proceso de transformar una fuente primaria de energía química, térmica, mecánica o lumínica, en energía eléctrica útil. En Colombia, según lo indica la Unidad de Planeación Minero Energética, llamada a partir de este momento en el documento UPME, la energía eléctrica constituye el segundo energético de mayor consumo en el país después del combustible Diesel Oil, equivalente al 19% de la totalidad de la matriz energética consumida en el año 2010 y aproximadamente el 18% en los escenarios proyectados para el 2020, 2030 y 2040 (UPME, 2015). El alto consumo de este energético se asocia, a su facilidad para llevarla a los consumidores tanto domésticos como industriales y a que la mayoría de los equipos y maquinarias utilizadas en las actividades cotidianas requieren de este tipo de energía para poder funcionar.

Según lo indica el Banco Mundial, el acceso a la energía es fundamental para el desarrollo de las sociedades y el bienestar de las personas (Banco Mundial, 2018). Dada la conexión que existente entre la energía eléctrica y el goce de los derechos fundamentales de los colombianos, en

el país este servicio se encuentra regulado desde el Ministerio de Minas y Energía (MINMINAS) y el suministro a los consumidores a lo largo del territorio nacional, típicamente se realiza desde tres medios: a través del Sistema Interconectado Nacional (SIN), los sistemas no interconectados y los sistemas individuales de autogeneración.

El SIN hace referencia a la red de suministro por donde se conduce la energía eléctrica producida por las empresas generadoras localizadas en diferentes puntos de la geografía nacional hasta llegar a los usuarios regulados o no regulados, denominación utilizada por las normativas energéticas colombianas para referirse a los usuarios domésticos e industriales respectivamente. A las transacciones de energía que se hacen a través de esta red se le denomina Mercado Energético Mayorista (MEM) y su regulación, planificación y control es ejercido por diferentes instituciones adscritas a MINMINAS; la operación a lo largo de la cadena de suministro la desarrollan cuatro grandes agentes privados, definidos en la Ley 143 de 1994 como generadores, transmisores, distribuidores y comercializadores.

***Los agentes generadores***, representan a las empresas encargadas de transformar la energía primaria en energía eléctrica. Según la UPME, para marzo de 2018, la capacidad instalada del SIN era de 16.853 MW<sup>3</sup>, de los cuales el 69,77% provenían de empresas hidroeléctricas (UPME, 2018).

***Los agentes transmisores***, son las empresas encargadas de transportar largas distancias la energía producida por los generadores hasta las subestaciones de transformación, mediante redes eléctricas con tensiones iguales o superiores a los 220 kV<sup>4</sup>. Este transporte se hace mediante la utilización de estructuras metálicas robustas ubicadas en zonas no pobladas, las cuales sirven de soporte a los tendidos de cables por donde se canaliza la energía eléctrica.

***Los agentes distribuidores***, representan a las empresas encargadas de transportar la energía desde las subestaciones de transformación hasta los usuarios finales, mediante redes eléctricas inferiores a los 220 kV.

---

<sup>3</sup> MW: Unidad de medida de energía eléctrica que representa 1.000 kW

<sup>4</sup> kV: Unidad de medida que representa el voltaje de la energía equivalente a 1.000 Voltios.

*Los agentes comercializadores*, son las empresas encargadas de comprar la energía eléctrica en el MEM para luego venderla de forma directa a los usuarios finales tanto regulados como no regulados. Los usuarios regulados son aquellas personas naturales o jurídicas a quienes el Estado regula las tarifas cobradas por los comercializadores y los usuarios no regulados a quienes el Estado no les regula las tarifas por lo que le permite negociar su propia energía con el comercializador o directamente con el generador. En la actualidad para ser considerado un usuario no regulado la Resolución 131 de 1998 emitida por la Comisión de Regulación de Energía y Gas, llamada a partir de este momento en el documento CREG, determina un límite mínimo de consumos equivalente a una demanda de potencia mayor a 0,1 MW instalaciones eléctricas inferiores a 0,1 MW de potencia o de energía de 55 MWh (CREG, 1998).

Existen en el país algunos lugares denominados Zonas No Interconectadas (ZNI) donde por diversas problemáticas tales como, orden público, ubicación, topografía, cantidad de usuarios, entre otros, aún no se cuenta con presencia del SIN. Para garantizar el suministro del servicio de energía eléctrica a estas zonas, MINMINAS a través de empresas privadas ha contratado sistemas de generación y suministro In Situ, regularmente a partir de combustibles fósiles. La cadena de suministro energético locales por su bajo grado de complejidad comparado con el SIN, son operados por una única empresa la cual se responsabiliza de la generación, transporte y comercialización del servicio a los usuarios. La atención de las necesidades energéticas de las zonas que no cuentan con este servicio recae en el Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas (IPSE) adscrito a MINMINAS.

Finalmente, el tercer medio de suministro energético está conformado por los sistemas individuales de autogeneración, los cuales son empleados por las familias o empresas situadas en zonas conectadas o no interconectadas con el SIN para generar su propia energía. A diferencia de los anteriores medios, los usuarios al autogenerar su propia energía no requieren de esquemas complejos. La consolidación de este tipo de generación energética generalmente se encuentra motivadas por:

- La necesidad de contar con un sistema de respaldo o alternativo para cuando el suministro de energía eléctrica publica falle

- Suplir los picos de demanda energética que no pueda ser cubiertos con la red externa de energía eléctrica y
- El suministro de energía en las zonas donde no se cuenta con cobertura del SIN o sistemas no interconectados.

En la actualidad existen tres alternativas tecnológicas para la autogeneración de energía, estas varían una de la otra en cuanto a su eficiencia para transformar una energía primaria en varias útiles.

***La autogeneración***, es una tecnología que principalmente tiene como propósito utilizar una fuente primaria de energía para ser transformada en una energía útil para abastecer los procesos internos de los usuarios, normalmente es utilizada para transformar combustibles derivados del petróleo en energía eléctrica o el carbón para generar energía térmica.

***La cogeneración***, también conocida como Combined Heat And Power (CHP), es una tecnología que permite utilizar una fuente de energía primaria para en simultaneo transformarla en dos tipos de energía útiles, normalmente energía eléctrica y energía térmica. La variación respecto a la autogeneración consiste en utilizar el calor desprendido durante el proceso de generación de energía eléctrica para luego ser utilizado en la producción de un fluido caliente regularmente agua caliente o vapor.

***La trigeneración***, también conocida como Combined, Cooling, Heat and Power (CCHP), es una extensión de la cogeneración la cual incluye la generación de frío como un tercer producto en la transformación de la fuente primaria de energía. Su logro es posible al incorporar un equipo adicional llamado <sup>5</sup>Chiller de adsorción al sistema de cogeneración, el cual toma el calor generado y lo convierte en un fluido frío disponible.

---

<sup>5</sup> Chiller de Adsorción: Sistema de generación de frío.

### **2.2.1 Panorama de los sistemas de cogeneración y trigeneración**

Uno de los retos más importantes a los que se enfrenta la humanidad está relacionado con el uso de la energía. Tal como lo describe Agencia Europea de Medio Ambiente (2017), este recurso esencial para desarrollar nuestra calidad de vida es igualmente uno de los principales detonante de lo que hoy se reconoce mundialmente como el fenómeno del calentamiento global o Cambio Climático, esto debido a que la mayor parte de la energía utilizada en el mundo proviene de combustibles fósiles tales como el petróleo y carbón, consideradas como fuentes generadoras de grandes cantidades de gases de efecto invernadero (GEI).

Los esfuerzos para reducir los impactos del uso de la energía a nuestro medio ambiente, según lo indica el Grupo Intergubernamental de Expertos Sobre El Cambio Climático, se han centrado en dos grandes líneas de trabajo: la generación de energía a partir de fuentes no convencionales tales como la biomasa, biogás, solar, eólica, mareomotriz, geotérmica y nuclear, y la aplicación de planes a nivel de los países para fomentar el uso eficiente de la energía (Grupo Intergubernamental de Expertos Sobre el Cambio Climático, 1996). Para lograr los objetivos de esta última línea, el GIZ propone la utilización de los sistemas de cogeneración y trigeneración, los cuales no solo brindan a los usuarios la oportunidad de ser más eficiente en el uso de la energía, sino también, viene acompañados de beneficios, en lo ambiental contribuyendo con el logro de las metas de disminución del calentamiento global y en lo económico disminuyendo los costos por el consumo energético (GIZ, n.d.).

Existen en el comercio diferentes tecnologías para la cogeneración y trigeneración energética, la más común, por su grado de maduración, son las máquinas térmicas, las cuales toman la energía contenidas en los combustibles y las transforman en energía mecánica. Esta última es utilizada en un equipo alternador o generador para producir energía eléctrica. De los gases generados en la combustión y el cuerpo de los equipos de combustión, se extrae el calor para producir energía térmica y en el caso de la trigeneración esta última se lleva un Chiller de adsorción para producir frío.



Según lo indica el International Institute of Refrigeration (IIR), entre las tecnologías más comerciales para el desarrollo de la cogeneración y la trigeneración se encuentran los sistemas de motores de combustión interna, motores de combustión externa, turbinas a gas y turbinas de vapor (IIR, 2017). En la *Tabla 2*, se presentan algunos parámetros de funcionamiento típicos indicados por el IIR para cada una de las tecnologías descritas anteriormente.

**Tabla 2.** Parámetro de funcionamiento típicos de las tecnologías

Parámetros	Tecnologías			
	Motor de combustión interna	Motor de combustión externa	Turbinas de gas	Turbinas de vapor
Rango de capacidad	Algunas decenas de kW a alguno MW	algunas decenas de kW	Varios cientos de kW a varios cientos de MW	algunas decenas de kW a varios cientos de MW
Relación eléctrica/térmica	0,4 - 0,9	0,3 - 0,4	0,3 - 0,8	0,1 - 0,33
Eficiencia energética	0,25 - 0,45	0,20 - 0,30	0,25 - 0,40	0,07 - 0,25
Eficiencia combinada	0,8 - 0,9	0,5 - 0,7	0,5 - 0,8	0,85 - 0,90
Combustible	Gas natural, propano, gasoil, biogás	Todos los tipos	Gas natural, biogás, gasoil	Diferentes tipos de combustibles utilizados en la caldera
Costos de inversión	400 - 6.800 (Euros/kW Instalado)	5.000 - 10.000 (€/kW Instalado)	400 - 900 (€/kW Instalado)	900 - 2.100 (€/kW Instalado)
Costos de mantenimiento	0,44 - 3,25 (€/kWh)	0,35 - 1,7 (€/kWh)	0,48 - 0,53 (€/kWh)	0,15 - 0,23 (€/kWh)
Vida útil	80.000 - 100.000 h	50.000 - 60.000 h	130.000 h	175.000 h

**Fuente:** Modificado de (IIR, 2017, p.4)

El uso de los sistemas de cogeneración y trigeneración no está limitado a un tipo de proceso o industria en particular, normalmente estos son adoptados por empresas o personas que adicionalmente a su consumo de energía eléctrica demanda altas cantidades de energía térmica o frío para sus procesos. Para el GIZ, los clientes típicos para este tipo de sistemas pueden ser segmentados en tres grupos tal como lo representa la tabla a continuación.

**Tabla 3.** Clientes típicos para los sistemas de cogeneración y trigeneración

	Segmentos		
	Industriales	Servicios o institucionales	Calefacción o enfriamiento de espacios
Empresas	Químicas, pulpa de papel, metalúrgicas, alimentos, textiles, madera, minerales, bebidas, carbón, vidrio, extracción de aceite de palma y azúcar.	Empresas de manufactura liviana, hoteles, hospitales, edificio de oficinas y operaciones agrícolas.	Edificios de oficinas, hoteles, casa, campus, aeropuertos e industrias.

**Fuente:** Modificado de (GIZ, n.d., p 42)

En Colombia, luego de la emergencia energética vivida entre finales del año 2015 y primer semestre del 2016, en donde el país estuvo a portas de entrar en un racionamiento eléctrico generalizado, MINMINAS y sus entidades adscritas habilitaron normativas que posibilitan la venta de los excedentes eléctricos producidos por los autogeneradores que se encuentren conectados al SIN. Estas iniciativas se presentan como parte del plan de Estado para garantizar el suministro eléctrico a los ciudadanos mediante la diversificación de la canasta eléctrica del país con fuentes diferentes a las convencionales a las cuales les ha denominado generación distribuida.

### 3. DISEÑO METODOLÓGICO

El presente trabajo se desarrolla tomando las bases metodológicas para estudios de factibilidad propuesta por Sapag Chain, la cual menciona proyectos de inversión enfocados a la modernización de las empresas, tal como se pretende trabajar el sistema de trigeneración para Procesadora de alimentos M y M. La metodología presenta cinco etapas para la evaluación de la viabilidad del proyecto de inversión: Análisis de la demanda interna, viabilidad técnica, viabilidad legal, viabilidad económica y viabilidad de gestión.

En la tabla 4, presenta un resumen de la base metodológica utilizada para desarrollar cada uno de los objetivos perseguidos por este trabajo, en el cual se definen las actividades, instrumentos de recolección y fuentes de información utilizadas en cada una de ellas.

**Tabla 4.** Metodología utilizada para el desarrollo de los objetivos del trabajo

Objetivos	Actividades	Instrumentos de recolección de información	Fuentes de información
<b>Definir la demanda y condiciones de suministro energético</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Definir las fuentes energéticas.</li> <li>-Definir los energéticos requeridos.</li> <li>- Determinar las cantidades y características de los energéticos requeridos.</li> <li>- Establecer el modelo actual para la obtención de los energéticos.</li> <li>- Establecer los costos relevantes del modelo actual de obtención de energéticos.</li> <li>- Definir los criterios de modernización.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Entrevistas de profundidad con socios de la empresa.</li> <li>- Entrevista de profundidad con personal de operación de la empresa.</li> <li>- Entrevista de profundidad con personal financiero o contable de la empresa.</li> <li>- Análisis documental de información técnica y financiera de la empresa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diseño actual de la planta, diseño de distribución, planos eléctricos.</li> <li>- Estados financieros de Procesadora de Alimentos M &amp; M.</li> <li>- Cuadro de seguimientos de fallas energéticas.</li> <li>- Informes de mantenimiento de la planta.</li> <li>- Costos tributarios de la empresa.</li> <li>- Vida útil de los equipos utilizados para la generación energética.</li> </ul>
<b>Desarrollar un estudio técnico que defina el diseño base del sistema de trigeneración para suplir la demanda energética</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diseñar el concepto del sistema de trigeneración.</li> <li>- Construir el balance de masa y energía.</li> <li>- Definir los equipos principales y sus capacidades.</li> <li>- Proyectar la producción energética.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Consulta a proveedores de tecnología.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Legislación energética nacional.</li> <li>- Catálogos de equipos de trigeneración.</li> </ul>

	- Establecer los escenarios de utilización de energía generada.		
<b>Establecer las normativas ambientales y energéticas para el establecimiento del sistema de trigeneración</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Analizar la normatividad energética aplicable al proyecto de inversión.</li> <li>- Analizar la normatividad ambiental aplicable al proyecto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sistemas de trigeneración planteado.</li> <li>- Producción proyectada de la planta.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Normatividad energética legal vigente definida por el Ministerio de Minas y Energía y sus unidades adscritas.</li> <li>- Normatividad ambiental legal vigente, definida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y sus unidades adscritas.</li> </ul>
<b>Evaluar financieramente, el proyecto de implementación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Definir los supuestos de evaluación del proyecto.</li> <li>- Definir las fuentes de financiación.</li> <li>- Definir las proyecciones financieras.</li> <li>- Establecer los flujos de caja del proyecto en los escenarios.</li> <li>- Modelación escenario escogido.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Flujos de caja proyecto.</li> <li>- VPN, TIR y periodo de repago.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bancolombia y Banco de la Republica.</li> <li>- Proveedores de tecnología.</li> <li>- Estudios de generación energética de la UPME.</li> <li>- Normativa tributaria para venta de energía.</li> <li>- Revisión documental de tasa de financiación con entidades bancarias.</li> </ul>
<b>Definir el plan de la implementación, en alcance, tiempo y costo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Definir el alcance del proyecto.</li> <li>- Establecer las EDT del proyecto.</li> <li>- Establecer el cronograma del proyecto.</li> <li>- Establecer el costo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cronogramas</li> <li>- Presupuestos</li> <li>- EDT</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Consulta a proveedores de tecnología.</li> <li>- Consulta a empresas con sistemas de trigeneración implementados.</li> </ul>

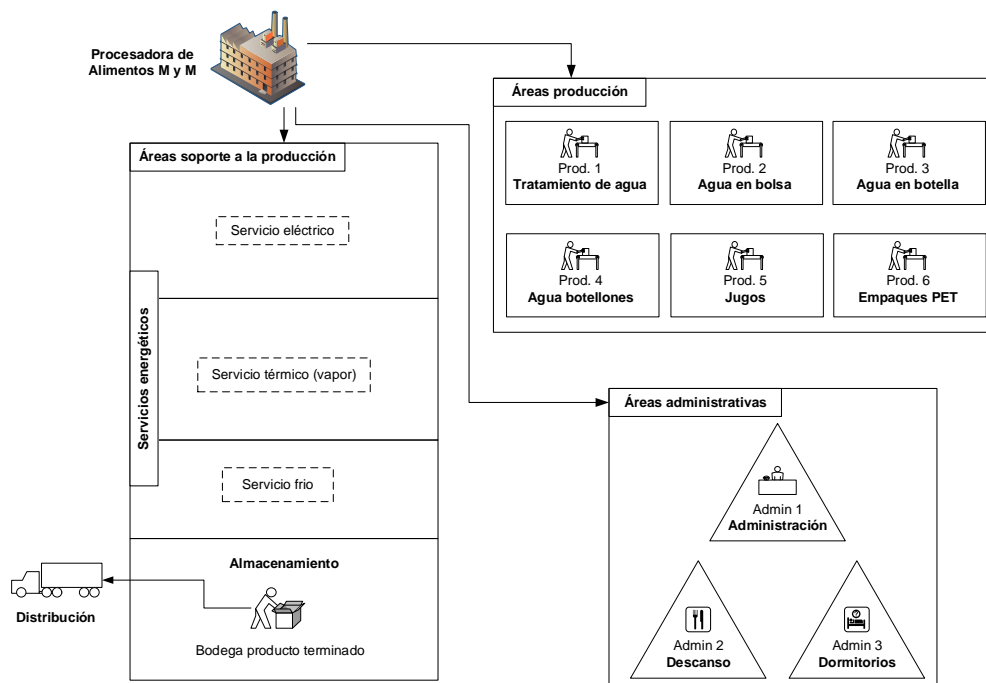
**Fuente:** Elaboración propia

## 4. PROPUESTA

### 4.1. Análisis de la demanda energética interna

La planta Procesadora de Alimentos M y M se encuentra localizada en Maicao, departamento de La Guajira. La población de este municipio según lo indica las proyecciones de población municipales por área 2005 – 2020, publicado por el Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (DANE), es de aproximadamente 164.424 habitantes (DANE, 2005). Y La altitud sobre el nivel del mar y temperatura promedio de son de 52 m y 29°C respectivamente, tal como lo reporta el sitio web Municipios de Colombia (Municipios de Colombia, 2019).

La estructura general de la planta ha sido establecida en un espacio total construido de 3.000 m<sup>2</sup>, distribuida en tres grandes áreas: producción, soporte a la producción y administrativo, tal como se detalla en la **Figura 2**.



**Figura 2.** Distribución general de la planta Procesadoras de Alimentos M y M

**Fuente:** Elaboración propia a partir de (Procesadora de Alimentos M y M, 2019)

### ***Unidad de producción***

La primera unidad de las seis que conforman el área de producción, se denomina tratamiento de agua, la cual aloja los equipos y tanques con los cuales se potabiliza y trata el agua que se vende para el consumo humano. La segunda unidad se denomina empaque de agua en bolsa, la cual aloja los tanques de acumulación de agua tratada y los equipos con los cuales se envasan las presentaciones de agua en bolsa de 280, 365, 600, 2.800 y 5.000 cc. La tercera unidad se denomina empaque de agua en botella, la cual aloja los tanques de acumulación de agua tratada y los equipos con los cuales se envasan las presentaciones de agua en botellas PET de 300 y 600 cc. La cuarta unidad se denomina empaque de botellones, la cual aloja los tanques de acumulación de agua tratada y equipos con los cuales se envasan las presentaciones de agua en botellones de policarbonato de 20 L. La quinta unidad se denomina procesamiento y empaque de jugo, la cual aloja los equipos con los cuales se procesa la pulpa de fruta, se elabora el jugo y se envasa en presentaciones en bolsas plásticas de 228, 1.000 cc y en botellas PET de 228 y 1.000 cc. Finalmente, la sexta y última unidad se denomina producción de envases PET, la cual aloja los equipos para la producción de los envases PET utilizados en la unidad de agua y jugo.

### ***Unidad soporte a la producción***

Para el área de soporte a la producción se tienen establecidos dos unidades. La primera unidad se denomina servicios energéticos, desde este punto centralizado se suministra el servicio de energía eléctrica y térmica requerido por las diferentes unidades de producción de la planta. Finalmente, la segunda unidad se denomina almacenamiento, consistente en una bodega en donde se mantiene la materia prima requerida para la operación y el producto terminado que posteriormente es distribuidos a los clientes.

### ***Unidad administrativa***

Esta última área se encuentra conformada por tres unidades. La primera denominada administración, desde donde se maneja el soporte administrativo y comercial de la empresa. La segunda unidad denominada descanso, en donde los trabajadores se cambian, descansan y tomar

sus alimentos y finalmente la tercera denominada dormitorios, conformada por una unidad habitacional dotada de una cocina, dos dormitorios, un baño y una sala de estar, la cual es utilizada para hospedar a los trabajadores que vienen a prestar soporte desde otros municipios.

#### 4.1.1 Producción proyectada

La base de producción de Procesadora de Alimentos M y M se fundamenta en el procesamiento de agua, lo que convierte el agua tratada la unidad de estimación de su producción. Cada unidad de agua tratada finalmente es vendida en cuatro tipos de presentaciones, agua en bolsa, agua en botellón, agua en botella y finalmente en jugo. Para los próximos 10 años, las directivas de la empresa, basados en su planeación, esperan mantener un crecimiento en la cantidad de agua tratada que les permita mayores ventas de productos y viabilizar las inversiones realizadas en su planta. Para el año 2020 con el arranque de su unidad de jugo esperan incrementar la cantidad de agua tratada en un 17% más de los 25.000 m<sup>3</sup> proyectados para el 2019. A partir del 2021 y hasta el 2029 los crecimientos estarán definidos entre un 2% a 8% (Procesadora de Alimentos M y M, 2019). En la *Tabla 5* se detalla las proyecciones de agua tratada para cada unidad de producción.

**Tabla 5.** Producción de agua tratada proyectada para los próximos 10 años

Detalle	Unidad	2019 0	2020 1	2021 2	2022 3	2023 4	2024 5
Agua procesada proyectada	m <sup>3</sup>	25,001	29,367	29,943	30,677	32,861	35,239
Agua bolsa	m <sup>3</sup>	14,777	15,708	15,465	15,271	16,104	16,994
Agua botellón 20 L	m <sup>3</sup>	4,200	4,620	5,082	5,590	6,149	6,764
Agua botella	m <sup>3</sup>	108	540	599	668	748	842
Jugos (Pulpa + adicionales 15%)	m <sup>3</sup>		1,550	1,710	1,888	2,083	2,300
Agua de rechazo tratamiento 30%	m <sup>3</sup>	5,725	6,725	6,857	7,025	7,525	8,070
Pérdidas de agua 1%	m <sup>3</sup>	191	224	229	234	251	269

Detalle	Unidad	2025 6	2026 7	2027 8	2028 9	2029 10	
Agua procesada proyectada	m <sup>3</sup>	37,829	40,654	43,740	47,114	50,807	
Agua bolsa	m <sup>3</sup>	17,946	18,966	20,060	21,234	22,496	
Agua botellón 20 L	m <sup>3</sup>	7,441	8,185	9,003	9,903	10,894	
Agua botella	m <sup>3</sup>	951	1,079	1,230	1,407	1,617	
Jugos (Pulpa + adicionales 15%)	m <sup>3</sup>	2,539	2,804	3,096	3,419	3,777	
Agua de rechazo tratamiento 30%	m <sup>3</sup>	8,663	9,310	10,017	10,789	11,635	
Pérdidas de agua 1%	m <sup>3</sup>	289	310	334	360	388	

**Fuente:** Elaboración propia a partir de información de (Procesadora de Alimentos M y M, 2019)

#### 4.1.2 Demanda proyectada de energía eléctrica

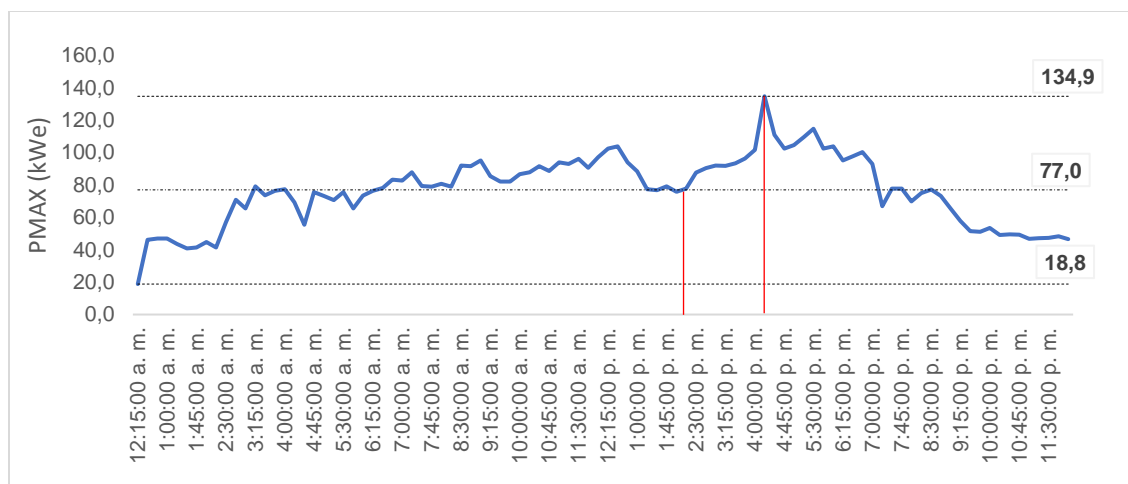
La demanda eléctrica se define bajo dos parámetros de suministro, la Potencia Max Eléctrica ( $PMAX_e$ ) en kilovatios eléctricos ( $kW_e$ ), la cual indica la potencia eléctrica instantánea requerida bajo condiciones normales de operación y la energía eléctrica en kilovatios hora eléctrico ( $kW_e$ ), la cual indica la cantidad de fluido eléctrico que demanda el sistema en un tiempo determinado. Para el caso puntual de la planta Procesadora de Alimentos M y M, el análisis de demanda eléctrica se realiza tomando en cuenta dos criterios: el requerimiento eléctrico actual de la planta y la demanda proyectada con la puesta en marcha de las líneas de producción de empaque de agua en botella, procesamiento de jugos y producción de empaques PET pendientes de consolidar y un cupo de suministro adicional de respaldo.

##### *Análisis de la demanda de $PMAX_e$*

Para establecer la  $PMAX_e$  de la planta, se analizan dos fuentes de información. La primera corresponde al análisis de carga de 29 días comprendidos entre el 16 de mayo de 2018 y 13 de junio 2018 y suministrado por Electricaribe a Procesadora de Alimentos M y M. Con esta información es posible establecer que la  $PMAX_e$  demandada por las 11 unidades de la planta procesadora activas durante este periodo de tiempo fue de 135  $kW_e$ , tal como se representa en la **Figura 3**. La  $PMAX_e$ , típicamente se presenta entre las 1:45 pm y 4:00 pm de los días de operación y se asocia, como lo indica las directivas de la empresa, a la puesta en marcha de la totalidad de los equipos de envasados para lograr el cumplimiento de los pedidos de producto del día y dejar en stock producto para ser repartido al comienzo del día siguiente (Procesadora de Alimentos M y



M, 2019). En esta sección no se contempla la carga eléctrica que se requeriría si el sistema de generación de refrigeración fuera eléctrico.



**Figura 3.** Comportamiento típico de la PMAx\_e en un día de producción.

**Fuente:** Elaboración propia a partir de (Procesadora de Alimentos M y M, 2019)

Finalmente, la segunda y última fuente de información corresponde a los cálculos de diseño realizados por los ingenieros contratados por Procesadora de Alimentos M y M para la consolidación de las líneas de productos de empaque de agua en botella, procesamiento de jugos y producción de empaques PET. Según lo indica las directivas de la empresa, la PMAx\_e adicional requerida por estas nuevas líneas de producción será de 68.4 kW\_e, de los cuales 13,7 kW\_e serán demandados por la línea de empaques de agua en botella, 34,2 kW\_e por el procesamiento y empaque de jugos y los 20,5 kW\_e restantes por la producción de empaques PET (Procesadora de Alimentos M y M, 2019). Ver distribución en Tabla 6.

Tabla 6. PMAx\_e proyectada para Procesadora de Alimentos M y M en kW\_e.

Referencia	Actual	Proyectado	Total, proyectado
	PMAx_e Actual	PMAx_e nuevas líneas	
kW_e	135	68	203

**Fuente:** Elaboración propia a partir de información de (Procesadora de Alimentos M y M, 2019)

### *Análisis de la demanda de energía eléctrica*

La cantidad de energía eléctrica demandada por la planta se analiza tomando como referencia el consumo eléctrico de los equipos instalados en la actualidad y las proyecciones de demanda eléctrica de las líneas de producción en consolidación. Para determinar el consumo actual, se utiliza como fuente de información las facturas de energía eléctrica emitidas por el comercializador del servicio, Electricaribe, durante un periodo de un año contados entre los meses de abril de 2018 y marzo de 2019. Con la información de consumo de energía eléctrica y la información de la cantidad de agua procesada suministrada por las directivas de la empresa, se consolida el factor de cantidad de energía eléctrica por unidad de agua procesada, el cual nos indica la cantidad de energía eléctrica que la planta consume para procesar una unidad de agua (materia prima de la planta). El valor medio de este factor para el año de consumo de energía eléctrica estudiado fue de aproximadamente 3,76 kWh<sub>e</sub>/m<sup>3</sup> de agua procesada. Ver el detalle para su determinación en la **Tabla 7**.

**Tabla 7.** Consumo de energía eléctrica actual de la planta.

Detalle	Unidad	Ciclo consumo energía eléctrica											
		Año 2018									Año 2019		
		Abr	May	Jun	Jul	Ago.	Sep.	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Energía facturada	<sup>6</sup> MWh <sub>e</sub>	9.2	9.8	9.8	9.6	10.7	12.4	10.3	10.9	8.2	7.8	7.4	8.3
Cap. tanque agua	m <sup>3</sup>	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
Tanque medio utilizado	No./día	3.0	3.0	3.0	3.0	3.5	3.5	3.0	3.5	3.0	2.0	2.0	3.0
Operación mes	días	26	26	26	26	26	26	26	26	24	24	26	24
Agua procesada	m <sup>3</sup> x 1000	2.7	2.7	2.7	2.7	3.1	3.1	2.7	3.1	2.4	1.6	1.8	2.4
Índice agua/electricidad	kWh <sub>e</sub> /m <sup>3</sup>	3.5	3.7	3.7	3.6	3.5	4.0	3.9	3.5	3.4	4.8	4.2	3.4
Valor mínimo	kWh <sub>e</sub> /m <sup>3</sup>	3.37											
<b>Valor medio</b>	<b>kWh<sub>e</sub>/m<sup>3</sup></b>	<b>3.76</b>											
Valor máximo	kWh <sub>e</sub> /m <sup>3</sup>	4.80											

**Fuente:** Elaboración propia a partir de (Electrificadora del Caribe S.A. E.S.P., 2019; Procesadora de Alimentos M y M, 2019)

---

<sup>6</sup> MWh<sub>e</sub>: Unidad de medida denominada megavatios hora eléctrico que indica la cantidad de mil kilovatios hora eléctrico.

Con la proyección de la puesta en marcha de las tres líneas de producción adicional a finales del año 2019, las directivas de la planta procesadora proyectan un aumento del indicador de consumo de energía eléctrica medio actual en aproximadamente un 28% adicional (Procesadora de Alimentos M y M, 2019), distribuidos en: 3% en el administrativa, 5% para la unidad de agua en botella, 12% para empaque PET y los 10% restantes para la unidad de procesamiento de jugo. Esto indica que el valor medio proyectado para el factor de consumo de energía eléctrica por unidad de agua tratada será de aproximadamente 4,89 kWh<sub>e</sub>/m<sup>3</sup>. Ver distribución de consumo eléctrico proyectado en Tabla 8. Al igual que en la PMA<sub>X<sub>e</sub></sub> no se incluye los consumos eléctricos que se generarían si el sistema de refrigeración fuera eléctrico.

**Tabla 8.** Consumo de energía eléctrica final proyectada para la planta.

Detalle	Actual	Proyecciones de consumo energía eléctrica				<b>Proyectado 2020</b>
		Administrativo 3%	Agua en botella 5%	Empaques PET 12%	Procesamiento jugo 10%	
Consumo eléctrico (kWh <sub>e</sub> /m <sup>3</sup> )	3.76	0.11	0.19	0.45	0.38	<b>4.89</b>

**Fuente:** Elaboración propia a partir de (Electrificadora del Caribe S.A. E.S.P., 2019; Procesadora de Alimentos M y M, 2019)

Con la proyección de crecimiento de producción, sumado a la proyección del indicador de consumo de energía eléctrica medio para finales del año 2019, se determinan los consumos de energía eléctrica esperados para los próximos 10 años, los cuales se detallan en la Tabla 9.

**Tabla 9.** Demanda de energía eléctrica proyectada para los próximos 10 años

Detalle		Unidad	2019 0	2020 1	2021 2	2022 3	2023 4	2024 5
Agua procesada proyectada		m <sup>3</sup>	25,001	29,367	29,943	30,677	32,861	35,239
<b>Demanda Energía Eléctrica</b>	kWh <sub>e</sub> /m <sup>3</sup>	MWh <sub>e</sub> /año	<b>122.2</b>	<b>143.5</b>	<b>146.3</b>	<b>149.9</b>	<b>160.6</b>	<b>172.2</b>
	<b>4.89</b>							

Detalle		Unidad	2025 6	2026 7	2027 8	2028 9	2029 10	
Agua procesada proyectada		m <sup>3</sup>	37,829	40,654	43,740	47,114	50,807	
<b>Demanda Energía Eléctrica</b>	kWh <sub>e</sub> /m <sup>3</sup>	MWh <sub>e</sub> /año	<b>184.9</b>	<b>198.7</b>	<b>213.7</b>	<b>230.2</b>	<b>248.3</b>	
	<b>4.89</b>							

**Fuente:** Elaboración propia a partir de (Procesadora de Alimentos M y M, 2019)

### 4.1.3 Demanda proyectada de energía térmica

Al igual que la energía eléctrica, la demanda de energía térmica o vapor se define bajo dos parámetros de suministro: la Potencia Max Térmica ( $PMAX_t$ ) en kilovatios térmicos ( $kW_t$ ) y la energía térmica en kilovatios hora térmicos ( $kWh_t$ ).

La energía térmica, hace parte de los nuevos requerimientos energéticos que deberá incluir Procesadora de Alimentos M y M en su área de servicios industriales con la entrada en operación de la línea de producción y empaque de jugos. Esta energía será esencial en el desarrollo de la etapa principal de la elaboración de los jugos, correspondiente a la pasteurización de la pulpa de fruta.

#### *Análisis de la demanda de $PMAX_t$*

La línea de producción y empaque de jugo ha sido diseñada para procesar 1.000 L de producto por hora. Para esta capacidad, la empresa requerirá en su proceso de pasteurización un total de 0,0823  $kWh_t$  por litro. Esta energía térmica es la requerida para elevar la temperatura de la mezcla de agua y pulpa de jugo de los 24°C iniciales a los que se encuentra en promedio hasta a los 95°C con los cuales se espera realizar el proceso de pasteurización. La estimación de la cantidad de energía térmica ha sido modelada tomando el agua y sus características como fluido a calentar. Para lograr la transferencia de esta energía del vapor a la capacidad de procesamiento de mezcla de jugo por hora, se requerirá instalar un equipo térmico con una  $PMAX_t$  instalada de 82,31  $kW_t$ . Ver detalle de la estimación de  $PMAX_t$  en *Tabla 10*.

**Tabla 10.** PMA<sub>x</sub> proyectada para Procesadora de Alimentos M y M

Ref.	Detalle	Unidad	Valor
1	Material simulado	N/A	Agua
2	Cantidad a calentar	L	1.0
3	Densidad	kg/m <sup>3</sup>	997
4	Masa final a calentar	kg	0.997
5	Calor específico del material	J/kg°C	4,186
6	Temperatura inicial	°C	24.0
7	Temperatura final	°C	95.0
8	Factor conversión Joulio a kWh <sub>t</sub>	J/kWh <sub>t</sub>	3,600,000
9	Calor específico requerido	kWh <sub>t</sub> /L	0.0823
10	Cantidad de volumen a calentar	L	1,000
11	Factor kW <sub>t</sub> a BHP	kW <sub>t</sub> a BHP	1.3410
12	<b>Capacidad nominal requerida</b>	<b>kW<sub>t</sub></b>	<b>82.31</b>

*Fuente:* Elaboración propia

### *Análisis de la demanda de energía térmica*

Para la estimación de la demanda de energía térmica, se toma como base las proyecciones de producción de jugo estimadas por Procesadora de Alimentos M y M para los próximos 10 años. Estos valores al ser multiplicados por la cantidad de energía térmica demanda para procesar un litro de jugo, equivalente a 0,0823 kWh<sub>t</sub>, arroja como resultado la cantidad de energía térmica anual que demandara la unidad de procesamiento de jugo. En la **Tabla 11** se detalla la proyección de la demanda de energía térmica de esta unidad, la cual tiene un requerimiento inicial de 22,5 MWh<sub>t</sub> para el año 2020 y cierra con una demanda de 54,9 MWh<sub>t</sub> para el año 2029.

**Tabla 11.** Demanda de energía térmica proyectada para los próximos 10 años

Detalle		Unidad	2019 0	2020 1	2021 2	2022 3	2023 4	2024 5
<b>Línea jugo (Esterilización pulpa 15%)</b>								
Producción jugo		m <sup>3</sup> /año	0	274	302	333	368	406
<b>Demanda Energía Térmica</b>	<b>kWh/m<sup>3</sup></b>	<b>MWh/año</b>	<b>0.0</b>	<b>22.5</b>	<b>24.8</b>	<b>27.4</b>	<b>30.3</b>	<b>33.4</b>
	<b>0.0823</b>							

Detalle		Unidad	2025 6	2026 7	2027 8	2028 9	2029 10	
<b>Línea jugo (Esterilización pulpa 15%)</b>								
Producción jugo		m <sup>3</sup> /año	448	495	546	603	667	
<b>Demanda Energía Térmica</b>	<b>kWh/m<sup>3</sup></b>	<b>MWh/año</b>	<b>36.9</b>	<b>40.7</b>	<b>45.0</b>	<b>49.7</b>	<b>54.9</b>	
	<b>0.0823</b>							

*Fuente:* Elaboración propia a partir de (Procesadora de Alimentos M y M, 2019)

#### 4.1.4 Demanda proyectada de refrigeración

El último servicio energético con el que deberá contar Procesadora de Alimentos M y M será el frio. La demanda de este servicio se estima con los mismos dos parámetros energéticos utilizados en los servicios de energía eléctrica y térmica. En principio al ser el frio una ausencia de calor la Potencial Max de Frio ( $PMAX_{t-f}$ ) se presenta en kilovatios térmicos de frio ( $kW_{t-f}$ ) y la demanda de frio en kilovatios hora térmicos - frio ( $kWh_{t-f}$ ).

El servicio de frio es requerida por Procesadora de Alimentos para el procesamiento de jugo y producción de botellas PET. Al igual que la energía térmica es un nuevo servicio que deberá incorporar a sus servicios industriales con la entrada en producción de esta dos nuevas unidades de producción.

##### *Análisis de la demanda de $PMAX_{t-f}$*

La estimación de la  $PMAX_{t-f}$  se realiza partiendo de las demandas paralelas de las dos unidades de negocio. Para el caso de la unidad de jugo, el frio es utilizado para bajar la temperatura del producto una vez ha sido pasteurizado de  $95^{\circ}C$  a  $24^{\circ}C$ , para este proceso se estima una demanda de  $0,082 kW_{t-f}$  por litro de producto. Para el caso de la unidad de empaques PET, la demanda de frio servirá para disminuir la temperatura de la botella de  $40^{\circ}C$  a  $20^{\circ}C$  una vez sale de la maquina moldeadora, para este proceso se estima una demanda de  $0.019 kW_{t-f}$  por unidad PET producida.

Para cubrir la demanda de  $PMAX_{t-f}$  Procesadora de Alimentos M y M requerirá una capacidad instalada de generación de frio equivalente a  $109,8 kW_{t-f}$ . Ver detalle de estimación de la  $PMAX_{t-f}$  en la tabla 12.

**Tabla 12.** PMA<sub>X<sub>t-f</sub></sub> proyectada para Procesadora de Alimentos M y M

Ref.	Detalle	Unidad	Valor	
			Unidad jugo	Unidad PET
1	Material simulado	N/A	Agua	Agua
2	Cantidad a calentar	L	1	1
3	Densidad	kg/m <sup>3</sup>	997	997
4	Masa final a calentar	kg	0.997	0.997
5	Calor específico del material	J/kg°C	4,186	4,186
6	Temperatura inicial	°C	95	40
7	Temperatura final	°C	24	24
8	Factor conversión joulio a kWh <sub>t</sub>	J/kWh <sub>t-f</sub>	3,600,000	3,600,000
9	Calor específico a remover	kWh <sub>t-f</sub> /kg	0.0823	0.0185
10	Cantidad de masa a enfriar	kg/h	997	1,496
11	Cantidad de Litros y botellas PET	L - Botellas	1,000	1,500
12	Factor kW <sub>t</sub> a HP	kW <sub>t-f</sub> a HP	1.34	1.34
<b>13</b>	<b>Capacidad nominal requerida</b>	<b>kW<sub>t-f</sub></b>	<b>82.06</b>	<b>27.74</b>

*Fuente:* Elaboración propia

### ***Análisis de la demanda de refrigeración***

Para la estimación de la demanda de frío, se toma como base las proyecciones de producción de jugo y botellas PET realizadas por Procesadora de Alimentos M y M para los próximos 10 años. Estos valores al ser multiplicados por la cantidad de frío requerido por litro de jugo, equivalente a 0.082 kWh<sub>t-f</sub> y por cada unidad de botella PET, equivalente a 0.019 kWh<sub>t-f</sub>, arrojan como resultado la cantidad de frío anual que demandara la planta. En la **Tabla 13** se detalla la proyección de la demanda de frío de Procesadora de Alimentos M y M para los próximos 10 años.

**Tabla 13.** Demanda de refrigeración proyectada para los próximos 10 años

Detalle	Unidad	2020 1	2021 2	2022 3	2023 4	2024 5
<b>Línea jugo (Esterilización pulpa 15%)</b>						
Producción jugo	m <sup>3</sup> /año	274	302	333	368	406
Demanda Energía Térmica	kWh <sub>t</sub> /L	MWh <sub>t</sub> /año	22.5	24.8	27.4	30.3
	0.082					
<b>Línea PET</b>						
Unidades proyectadas	No. x 1.000	8,964	9,882	10,901	12,033	13,292
Demanda Energía Térmica	kWh <sub>t</sub> /Unid	MWh <sub>t</sub> /año	166.3	183.3	202.2	223.2
	0.019					
<b>Total, Energía Térmica</b>		<b>MWh<sub>t</sub>/año</b>	<b>188.8</b>	<b>208.1</b>	<b>229.6</b>	<b>253.5</b>
						<b>280.0</b>

Detalle	Unidad	2025 6	2026 7	2027 8	2028 9	2029 10
<b>Línea jugo (Esterilización pulpa 15%)</b>						
Producción jugo	m <sup>3</sup> /año	448	495	546	603	667
Demanda Energía Térmica	kWh <sub>t</sub> /L	MWh <sub>t</sub> /año	36.9	40.7	45.0	49.7
	0.082					
<b>Línea PET</b>						
Unidades proyectadas	No. x 1.000	14,692	16,252	17,991	19,930	22,096
Demanda Energía Térmica	kWh <sub>t</sub> /Unid	MWh <sub>t</sub> /año	272.5	301.5	333.7	369.7
	0.019					
<b>Total, Energía Térmica</b>		<b>MWh<sub>t</sub>/año</b>	<b>309.4</b>	<b>342.2</b>	<b>378.7</b>	<b>419.3</b>
						<b>464.7</b>

**Fuente:** Elaboración propia a partir de (Procesadora de Alimentos M y M, 2019)

## 4.2. Estudio técnico

Para suplir la demanda energética, Procesadora de Alimentos M y M puede optar por dos métodos de suministro: el convencional o la autogeneración a partir de la trigeneración.

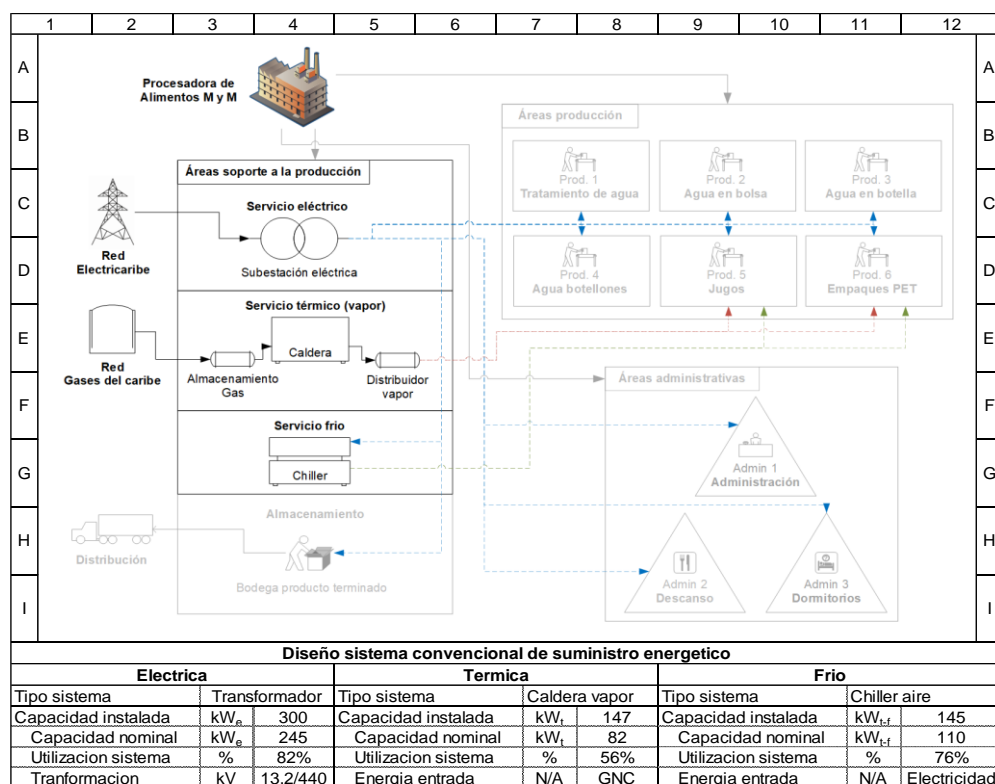
Para el presente estudio se planteará un diseño conceptual de suministro energético a partir del método convencional. Este diseño constituye la línea base con lo que mínimo deberá contar Procesadora de Alimentos M y M para satisfacer la demanda energética proyectada de su planta. Posteriormente se plantea el diseño conceptual de suministro energético a partir de trigeneración



al que se le evaluara su viabilidad de implementación respecto al sistema convencional de suministro base.

#### 4.2.1 Diseño conceptual sistema convencional de suministro

El método convencional de suministro energético se refiere a la compra de la energía eléctrica a un comercializador adscrito al MEM. Este agente suministra la energía a través de una interconexión entre Procesadora de Alimentos M y M y la red de distribución eléctrica local. La electricidad sirve para mover los sistemas eléctricos de la planta entre ellos los que suministran la refrigeración al proceso. Por último, para garantizar la energía térmica, el método convencional contempla la adquisición de una caldera la cual utiliza gas natural comprado al distribuidor de la red local para la generación del vapor y su posterior uso en los procesos para aportar calor. La **Figura 4**, presenta un esquema general del sistema convencional de suministro energético.



**Figura 4.** Diseño conceptual sistema convencional de suministro energético

**Fuente:** Elaboración propia a partir de (Procesadora de Alimentos M y M, 2019)

A continuación, se presenta los diagramas de flujo, cálculos básicos y equipos principales definidos para el diseño convencional de suministro energético planteado.

### *Suministro de energía eléctrica*

Para el suministro de este servicio, se plantea un sistema conformado por un transformador de mayor capacidad que el utilizado en la actualidad. Con la adquisición de este equipo se busca obtener la potencia eléctrica regulada proyectada para la planta equivalente a los 203 kW<sub>e</sub> de la red eléctrica local. En la Tabla 14 se detalla el diseño de suministro eléctrico planeado.

**Tabla 14.** Detalle sistema de suministro eléctrico convencional planteado.

Sistema convencional: Energía electricidad			
Cálculos básicos			
Ref.	Características	Unidad	Valor
C-U1.01	<b>Entrada energía eléctrica</b>	<b>kW<sub>e</sub></b>	<b>300</b>
C-U1.02	Potencia eléctrica instalada	kW <sub>e</sub>	300
C-U1.03	Tipo energía	N/A	Trifásica
C-U1.04	Voltaje	V	440
C-U1.05	Frecuencia	Hz	60
C-U1.06	<b>Emisiones atmosféricas generadas</b>	kgCO <sub>2</sub> /h	93
C-U1.07	Factor de emisión Sistema Interconectado Nacional (SIN)	kgCO <sub>2</sub> /kWh <sub>e</sub>	0.38
C-U1.08	<b>Potencia eléctrica demandada</b>	<b>kW<sub>e</sub></b>	<b>245</b>
C-U1.09	Consumo actual	kW <sub>e</sub>	135
C-U1.10	Consumo proyectado	kW <sub>e</sub>	68
C-U1.11	Unidad de refrigeración	kW <sub>e</sub>	42
Equipos requeridos			
Ref.	Descripción	Cant.	Detalle
1	Transformador de energía eléctrica	1 Unid	Transformador trifásico vertical de poste, Marca ABB referencia 300 KVA - 13.200 V/440

**Fuente:** Elaboración propia

### Suministro de energía térmica

Para el suministro de este servicio, se plantea un sistema conformado por un tanque de almacenamiento de gas, una caldera para la producción de vapor y un tanque de distribución de vapor. El flujo del proceso de producción de energía térmica comienza con la copia del gas natural desde el sistema de distribución local, este es almacenado posteriormente en un tanque de almacenamiento que garantiza la disponibilidad de este energético en la planta por 8 horas, en caso de corte del fluido. Posteriormente el gas es utilizado en la combustión interna de la caldera para calentar agua. Como resultado de este proceso se genera como residuo, emisiones de combustión controladas las cuales se liberan al medio ambiente y como producto final vapor de agua. El vapor con posterioridad es llevado a la unidad de jugos para ser utilizado en el proceso de pasteurización. En la Tabla 15 se detalla el sistema de suministro térmico planteado.

Tabla 15. Detalle sistema de suministro térmico convencional planteado

Sistema convencional: Energía Térmica			
<pre> graph TD     GN[Gas Natural Presión: 33 psi Consumo: 17,3 m³/h] --&gt; U2[Unidad 2 Energía Térmica Potencia: 147 kWt / 15 BHP]     AC[Agua caldera Cantidad: 0.237 m³/h] --&gt; U2     U2 --&gt; CP[Consumo proyectado Potencia: 82 kWt]     U2 --&gt; EC[Emisiones combustión Emisiones: 34,26 kgCO₂/h] </pre>			
Cálculos básicos			
Ref.	Características	Unidad	Valor
C-U2.01	<b>Entrada gas natural (GNC)</b>	<b>m³/h</b>	<b>17.3</b>
C-U2.02	Demanda de gas unidad térmica	m³/h	17.3
C-U2.03	Presión entrega gas distribuidor	psi	33
C-U2.04	Eficiencia de transformación sistema	%	82%
C-U2.05	<b>Consumo agua caldera</b>	<b>m³/h</b>	<b>0.237</b>
C-U2.06	Caudal de vapor generador	kg Vapor/h	234.9
C-U2.07	Perdidas de transformación agua a vapor	%	1%
C-U2.08	<b>Emisiones atmosféricas generadas</b>	<b>kgCO₂/h</b>	<b>34.26</b>
C-U2.09	Factor de emisión gas natural genérico	kgCO₂/m³ Gas	1.980
C-U2.10	<b>Potencia térmica instalada</b>	<b>kWt</b>	<b>147</b>
C-U2.11	Cantidad unidades térmica	No.	1.0

C-U2.12	Potencia térmica por unidad	kW <sub>t</sub>	147
C-U2.13	Potencia térmica demandada	kW <sub>t</sub>	82
C-U2.14	Potencia térmica unidad jugos	kW <sub>t</sub>	82
Equipos requeridos			
Ref.	Descripción	Canto.	Detalle
1	Tanque almacenamiento gas	1 Unid	Tanque almacenamiento de gas natural, capacidad 100 m3 horizontal y presión 5psig.
2	Caldera de vapor	1 Unid	Caldera de vapor, marca Caldera Continental, referencia CVC 15C, Cap. 15 BHP. <a href="http://calderascontinental.com/wp-content/uploads/2015/07/fichatecnica-cvc.pdf">http://calderascontinental.com/wp-content/uploads/2015/07/fichatecnica-cvc.pdf</a>
3	Tanque de distribución vapor	1 Unid	Tanque para distribución de vapor, Cap. 345 lbVapor y presión de 10 psi.

**Fuente:** Elaboración propia

### ***Servicio refrigeración***

Finalmente, para el suministro de refrigeración, se plantea un sistema conformado por cuatro unidades de chiller de enfriamiento eléctricos. El flujo de proceso de producción de refrigeración comienza con la utilización de parte de la energía eléctrica comprada a la red local para mover los chiller de refrigeración. A través de estos equipos se genera un fluido refrigerante a baja temperatura utilizado para remover calor en las unidades de jugo y empaques PET. Este sistema requiere de energía eléctrica para su funcionamiento por lo que la su carga y consumo eléctrico ha sido cargado como un adicional a tener en cuenta en el suministro eléctrico. La tabla 16, se detalla el sistema de refrigeración planteado.

**Tabla 16.** Detalle sistema de refrigeración convencional planteado.

Sistema convencional: Refrigeración			
Cálculos básicos			
Ref.	Características	Unidad	Valor
C-U3.01	<b>Entrada energía eléctrica</b>	<b>kW<sub>e</sub></b>	<b>41.5</b>
C-U3.02	Demanda eléctrica unidad de refrigeración	kW <sub>e</sub>	8.3
C-U3.03	Voltaje	V	240
C-U3.04	Frecuencia	Hz	60
C-U3.06	<b>Potencia de refrigeración instalada</b>	<b>kW<sub>t-f</sub></b>	<b>145.4</b>
C-U3.07	Unidades de refrigeración	No.	5.0
C-U3.08	Potencia de refrigeración por unidad	kW <sub>t-f</sub>	29.1
C-U3.09	Potencia de refrigeración demandada	kW <sub>t-f</sub>	109.8
C-U3.10	Potencia refrigeración unidad de juego	kW <sub>t-f</sub>	82.06
C-U3.11	Potencia refrigeración unidad empaques PET	kW <sub>t-f</sub>	27.74
Equipos requeridos			
Ref.	Descripción	Canto.	Detalle
1	Chiller de enfriamiento	4 Unid	Chiller de enfriamiento Marca Insoexca Maquinaria Suramérica -IMS, Referencia IMS-10A.
<a href="https://www.maquinariaparakplasticos.com/images/stories/descargas/chillerdeenfriamientow.pdf">https://www.maquinariaparakplasticos.com/images/stories/descargas/chillerdeenfriamientow.pdf</a>			

**Fuente:** Elaboración propia

Teniendo como base las capacidades de suministro y los requerimientos energéticos de la planta, a continuación, la tabla 17 presenta un resumen de las salidas del sistema de suministro energético del sistema convencional proyectadas para 10 años.

**Tabla 17.** Salidas sistema convencional de suministro energético proyectado.

Energético		Unidad	1 2020	2 2021	3 2022	4 2023	5 2024
Eléctrica	Consumo proyectado	MWh <sub>e</sub>	214.9	225.0	236.7	256.4	278.0
	Consumo eléctrico maquinaria	MWh <sub>e</sub>	143.5	146.3	149.9	160.6	172.2
	Consumo eléctrico refrigeración	MWh <sub>e</sub>	71.4	78.7	86.8	95.8	105.8
	Emisiones atmosféricas	tonCO <sub>2</sub>	81.6	85.5	89.9	97.4	105.6
Térmica	Consumo térmico proyectado	MWh <sub>t</sub>	22.5	24.8	27.4	30.3	33.4
	Gas consumido	m <sup>3</sup>	4,732	5,222	5,763	6,360	7,021
	Agua	m <sup>3</sup>	36	40	44	49	54
	Emisiones atmosféricas	tonCO <sub>2</sub>	9.4	10.3	11.4	12.6	13.9
Frio	Consumo refrigeración proyectado	MWh <sub>t-f</sub>	188.8	208.1	229.6	253.5	280.0

Energético		Unidad	6 2025	7 2026	8 2027	9 2028	10 2029
Eléctrica	Consumo proyectado	MWh <sub>e</sub>	301.8	328.0	356.9	388.7	423.9
	Consumo eléctrico maquinaria	MWh <sub>e</sub>	184.9	198.7	213.7	230.2	248.3
	Consumo eléctrico refrigeración	MWh <sub>e</sub>	116.9	129.3	143.1	158.5	175.6
	Emisiones atmosféricas	tonCO <sub>2</sub>	114.7	124.6	135.6	147.7	161.1
Térmica	Consumo térmico proyectado	MWh <sub>t</sub>	36.9	40.7	45.0	49.7	54.9
	Gas consumido	m <sup>3</sup>	7,752	8,559	9,452	10,439	11,531
	Agua	m <sup>3</sup>	59	66	73	80	88
	Emisiones atmosféricas	tonCO <sub>2</sub>	15.3	16.9	18.7	20.7	22.8
Frio	Consumo refrigeración proyectado	MWh <sub>t-f</sub>	309.4	342.2	378.7	419.3	464.7

**Fuente:** Elaboración propia

### ***Capital inversión y costos operativos***

El capital de inversión requerida para el montaje del sistema de suministro energético convencional se ha establecido en un monto total de COP 469,5 M. Del total de la inversión COP 405,8M (86,4%) corresponde a los equipos, servicios y obra requerido para el montaje y finalmente COP 63,6 M (13,6%) restante por la administración, imprevistos y utilidades de la empresa que se contrate para el montaje. La **Tabla 18** presenta el capital de inversión estimado para el montaje.

Los costos asociados al mantenimiento del sistema convencional serán los asociados a la conservación operativa de la caldera y se definen de la siguiente manera:

- Mantenimiento rutinario anual equivalente a COP 10.750.000 del año 2019.

- Mantenimiento mayor adicional al rutinario, el cual deberá efectuarse en los años 3, 5, 7 y 10 equivalentes a COP 11.200.000 del año 2019.

**Tabla 18.** Capital estimado para el montaje del sistema energético convencional

CAPEX Modelo 1- Generación energética convencional							
Ref.	Ítem			Valor	IVA	Subtotal	
Equipos y Maquinaria							
1.1	Transformador trifásico seco, Cap 300 kVA poste			40.000.000	7.600.000	47.600.000	
1.2	Tanque almacenamiento gas, CAP. 100 m³ horizontal			10.000.000	1.900.000	11.900.000	
1.3	Caldera vapor vertical, Continental CVC 10C			80.000.000	15.200.000	95.200.000	
1.4	Tanque distribuidor de vapor			5.000.000	950.000	5.950.000	
1.5	(4 Unid) Chiller de enfriamiento aire, Cap 99.200 BTU			80.000.000	15.200.000	95.200.000	
Total - Equipos y maquinaria				215.000.000	40.850.000	255.850.000	
Total - Obras				86.000.000		86.000.000	
Total - Servicios				53.750.000	10.212.500	63.962.500	
TOTAL CAPEX							
Ítem				Valor	IVA	Total	
Subtotal montaje				354.750.000	51.062.500	405.812.500	86,4%
AIU Montaje	Administración	10,0%		35.475.000		35.475.000	7,6%
	Imprevistos	2,0%		7.095.000		7.095.000	1,5%
	Utilidad	5,0%		17.737.500	3.370.125	21.107.625	4,5%
	Total CAPEX			415.057.500	54.432.625	469.490.125	100%

**Estructura de manteamiento del sistema**

El esquema de mantenimiento del sistema convencional de suministro energético plantea reparaciones rutinarias y mayores para la caldera y unidades de refrigeración.

Manteamiento rutinario	COP/año	10.750.000	Todos los años
Mantenimiento mayor	COP/año	11.200.000	costo adicional en los años 3, 5, 7 y 10

**Observaciones generales**

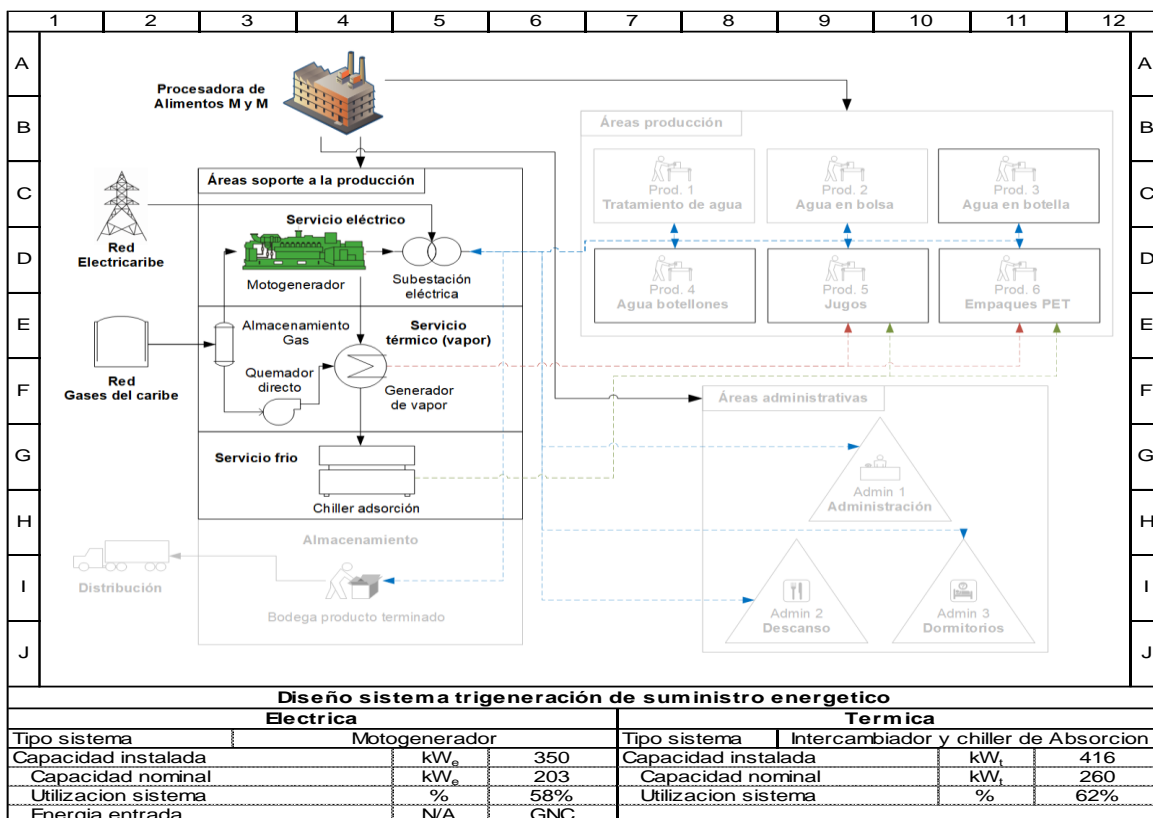
- 1 Las estimaciones de los equipos, obras, servicios, AIU y mantenimiento del montaje, se realizan tomando como referencia las experiencias en estimación de proyectos energéticos del jefe de proyectos de la empresa Ingeniería y Construcción Sigdo Koppers - ICSK Colombia.

**Fuente:** Elaboración propia

#### 4.2.2 Diseño conceptual sistema de trigeneración energética

El método de la trigeneración toma como única fuente el gas natural y mediante su transformación térmica se genera energía eléctrica, térmica y refrigeración. Para las condiciones del mercado colombiano, se encuentran dos tipos de sistema para transformar el gas en los tres energéticos requeridos por la planta, a través de motogeneradores o microturbinas. Típicamente las industrias que adoptan este tipo de tecnologías se inclinan por los motogeneradores teniendo como base de sustento para su selección tres factores fundamentales. La primera consiste en el acceso comercial, el mercado colombiano cuenta con un número mayor de empresas descentralizadas de Bogotá que distribuyen este tipo de equipo. La segunda está direccionada al mantenimiento, los motogeneradores tienen principios de operación más sencillos por lo que mantenerlos no demanda de mano de obra y soporte técnico tan calificado para su mantenimiento. Finalmente, el costo de capital, al ser una tecnología más madura, existen una mayor cantidad de marcas que ofrecen precios competitivos y su adquisición directa desde Colombia. Para el presente estudio, los socios de Procesadora de Alimentos M y M han decidido optar por el diseño con motogenerador dado a que la ubicación remota donde se encuentra les imposibilita el acceso directo a distribuidores y servicios postventa para las microturbinas. En la **Figura 5** se presenta el diseño conceptual del sistema de trigeneración energética planteado para Procesadora de Alimentos M y M.





**Figura 5.** Diseño conceptual del sistema trigeneración energética.

**Fuente:** Elaboración propia a partir de (Procesadora de Alimentos M y M, 2019)

El sistema de trigeneración planteado se encuentra conformado por un tanque de almacenamiento de gas, un motogenerador, un generador de vapor, un quemador directo y un chiller de adsorción ver *Tabla 19*.

El flujo de producción energía comienza con la toma de gas de la red local y almacenamiento en tanque para tener al igual que en el sistema convencional una autonomía de 8 horas de operación. El gas posteriormente es quemado en un motor anclado a un generador eléctrico que produce la energía eléctrica requerida. El motor durante su proceso de combustión libera calor por los gases de emisión y en su estructura el cual se recupera a través de un sistema de tuberías.

**Tabla 19.** Detalle sistema de trigeneración planteado

Sistema Trigeneración			
<pre> graph LR     GN[Gas Natural Presión: 33 psi Consumo: 77,0 m³/h] --&gt; ST[Sistema Trigeneración Capacidad: 251 kWₑ / 416 kWₜ]     ST --&gt; CE[Consumo eléctrico Potencia operación: 205 kWₑ]     ST --&gt; CT[Consumo térmico Potencia calentamiento: 103 kWₜ Potencia refrigeración: 156 kWₜf]     ST --&gt; EC[Emisiones combustión Flujo Emisiones: 3157 lb/h Emisiones CO₂: 152.5 kgCO₂/h] </pre>			
Cálculos básicos			
Ref.	Características	Unidad	Valor
T-U1.01	<b>Entrada gas natural</b>	<b>m³/h</b>	<b>77.0</b>
T-U1.02	Poder calorífico inferior del gas	MJ/m³	35.65
T-U1.03	Factor conversión MJ a kWh	MJ/kWh	3.6
T-U1.04	Cantidad unidades térmica	No.	1
T-U1.05	<b>Potencia eléctrica instalada (motogenerador)</b>	<b>kWₑ</b>	<b>350.0</b>
T-U1.06	Potencia eléctrica de trabajo	kWₑ	251
T-U1.07	Factor de trabajo nominal motogenerador	%	75%
T-U1.08	Consumo energía de combustible	kWh	763
T-U1.09	Eficiencia eléctrica motogenerador	%	32.9%
T-U1.10	Eficiencia térmica motogenerador	%	54.5%
T-U1.11	Potencia eléctrica total demandada	kWₑ	203
T-U1.12	Consumo actual	kWₑ	135
T-U1.13	Consumo proyectado	kWₑ	68.4
T-U1.14	Energía térmica generada aprovechable	kWₜ	416
T-U1.15	Potencia térmica total demandada por el sistema	kWₜ	260
T-U1.16	Potencia térmica total demandada para calentamiento	kWₜ	102.9
T-U1.17	Eficiencia equipo intercambiador de calor	%	80%
T-U1.18	Potencia térmica demandada	kWₜ	82.31
T-U1.19	Potencia térmica unidad jugos	kWₜ	82.31
T-U1.20	Potencia térmica requerida sistema refrigeración	kWₜf	156.9
T-U1.21	Eficiencia equipo Chiller de Absorción	%	70.0%
T-U1.22	Potencia de refrigeración demandada	kWₜf	109.8
T-U1.23	Potencia refrigeración unidad de jugo	kWₜf	82.1
T-U1.24	Potencia refrigeración unidad empaques PET	kWₜf	27.7
T-U1.25	<b>Emisiones atmosféricas generadas</b>	<b>kgCO₂/h</b>	<b>152.5</b>
T-U1.26	Factor de emisión gas natural genérico	kgCO₂/m³Gas	1.980
T-U1.27	Flujo de emisiones generadas	lb/h	3,157
Equipos requeridos			
Ref.	Descripción	Cant.	Referencia seleccionada
1	Tanque almacenamiento gas	1 Und	Tanque almacenamiento de gas natural, capacidad 100 m3 horizontal y presión 5psig.
2	motogenerador	1 Und	Motogenerador a gas natural, marca Caterpillar, CAP 350 kWₑ referencia G3412 TA.
3	Intercambiador de calor	2 Und	Intercambiador de calor tipo placa, capacidad transferencia mayor a 120 kWₜ
4	Chiller de absorción	1 Und	Chiller de Absorción de agua caliente, marca World Energy, referencia HWAR-L

[http://www.foleyinc.com/content/uploads/2014/07/chp\\_Gas-Engine-Tech-Data\\_G3412TA\\_350-kW\\_21-g-NOx\\_DM5441-00-E.pdf](http://www.foleyinc.com/content/uploads/2014/07/chp_Gas-Engine-Tech-Data_G3412TA_350-kW_21-g-NOx_DM5441-00-E.pdf)

**Fuente:** Elaboración propia

El calor recolectado es dirigido a un sistema de calentamiento de agua para la producción de vapor que es utilizado para suministrar el servicio de energía térmico requerido por la planta. Finalmente, el mismo flujo de calor recuperado del motor es llevado al chiller de absorción en donde sirve para el proceso de generación de refrigeración que será consumido en los procesos de producción de jugo y empaques PET. En la **Tabla 19** se detalla el sistema de trigeneración planteado.

**Tabla 20.** Salidas sistema trigeneración energética proyectado.

Energético		Unidad	1 2020	2 2021	3 2022	4 2023	5 2024
Eléctrica	Consumo proyectado	MWh <sub>e</sub>	143.5	146.3	149.9	160.6	172.2
	Gas GNC consumido	m <sup>3</sup>	16,581	16,905	17,320	18,553	19,895
	Emisiones atmosféricas	tonCO <sub>2</sub>	47.3	48.2	49.4	52.9	56.7
Térmica	Consumo térmico proyectado	MWh <sub>t</sub>	22.5	24.8	27.4	30.3	33.4
	Gas GNC consumido	m <sup>3</sup>	2,601	2,870	3,168	3,496	3,860
	Emisiones atmosféricas	tonCO <sub>2</sub>	7.4	8.2	9.0	10.0	11.0
Frio	Consumo refrigeración proyectado	MWh <sub>t-f</sub>	188.8	208.1	229.6	253.5	280.0
	Gas GNC consumido	m <sup>3</sup>	21,812	24,049	26,530	29,285	32,346
	Emisiones atmosféricas	tonCO <sub>2</sub>	62.2	68.6	75.6	83.5	92.2

**Fuente:** Elaboración propia

### ***Capital inversión y costos operativos***

El capital de inversión requerida para el montaje del sistema de trigeneración se ha establecido en un monto total de COP 1.015 millones. Del total de la inversión COP 877,6 millones (86,4%) corresponde a los equipos, servicios y obra requerido para el montaje y finalmente COP 137,7 millones (13,6%) restante por la administración, imprevistos y utilidades de la empresa que se contrate para el montaje. La Tabla 21 presenta el capital de inversión estimado para el montaje.

Los costos asociados al mantenimiento del sistema de trigeneración se han determinado de la siguiente manera:

- Mantenimiento rutinario anual equivalente a COP 23.250.000 del año 2019.

- Mantenimiento mayor adicional al rutinario, el cual deberá efectuarse en los años 3, 5, 7 y 10 equivalentes a COP 32.550.000 del año 2019.

**Tabla 21.** Capital estimado para el montaje del sistema energético trigeneración

CAPEX Modelo 1- Generación energética trigeneración						
Ref.	Ítem			Valor	IVA	Subtotal
Equipos y Maquinaria						
1.1	Motogenerador a gas, Cap 350 kVA			275.000.000	52.250.000	327.250.000
1.2	Tanque almacenamiento gas, CAP. 250 GLS Horizontal			10.000.000	1.900.000	11.900.000
1.3	Chiller de adsorción Cap.			140.000.000	26.600.000	166.600.000
1.4	Intercambiador de calor			20.000.000	3.800.000	23.800.000
1.5	Quemador directo			20.000.000	3.800.000	23.800.000
Total - Equipos y maquinaria				465.000.000	88.350.000	553.350.000
Total - Obras				186.000.000		186.000.000
Total - Servicios				116.250.000	22.087.500	138.337.500
TOTAL CAPEX						
Ítem				Valor	IVA	Total
Subtotal montaje				767.250.000	110.437.500	877.687.500
AIU Montaje	Administración	10,0%		76.725.000		76.725.000
	Imprevistos	2,0%		15.345.000		15.345.000
	Utilidad	5,0%		38.362.500	7.288.875	45.651.375
	Total CAPEX			897.682.500	117.726.375	1.015.408.875
						100%

#### **Estructura de mantenimiento del sistema**

El esquema de mantenimiento del sistema convencional de suministro energético plantea reparaciones rutinarias y mayores para todo el sistema de trigeneración.

Mantenimiento rutinario	COP/año	23.250.000	Todos los años
Mantenimiento mayor	COP/año	32.550.000	costo adicional en los años 3, 5, 7 y 10

#### **Observaciones generales**

- 1 Las estimaciones de los equipos, obras, servicios, AIU y mantenimiento del montaje, se realizan tomando como referencia las experiencias en estimación de proyectos energéticos del jefe de proyectos de la empresa Ingeniería y Construcción Sigdo Koppers - ICSK Colombia.

**Fuente:** Elaboración propia

### 4.3. Revisión normativa

La implementación de un sistema de trigeneración de energía en el Municipio de Maicao - La Guajira, implica la revisión normativa desarrollada a continuación:

#### 4.3.1 Normatividad energética en proyectos de trigeneración.



**Figura 6.** Línea de tiempo – regulación energía renovables.

**Fuente:** Elaboración propia a partir de (Cámara de Comercio de Cali, 2016)

A partir de la regulación de energías renovables en Colombia, se revisa el siguiente marco normativo, en el cual están basados los requisitos para el registro por fases ante la UPME y así permitir la implementación de un sistema de trigeneración en el Municipio de Maicao, (Colombia, Energía, & Energética, 2018 p. 11):

- Ley 143/1994: Por la cual se establece el régimen para la generación, interconexión, transmisión, distribución y comercialización de electricidad en el territorio nacional, se conceden unas autorizaciones y se dictan otras disposiciones en materia energética.
- Resolución 520/2007: Por medio de la cual se establece el registro de proyectos de generación con el cual deben ser registrados los proyectos de generación y cogeneración de energía eléctrica a operar en el Sistema Interconectado Nacional.

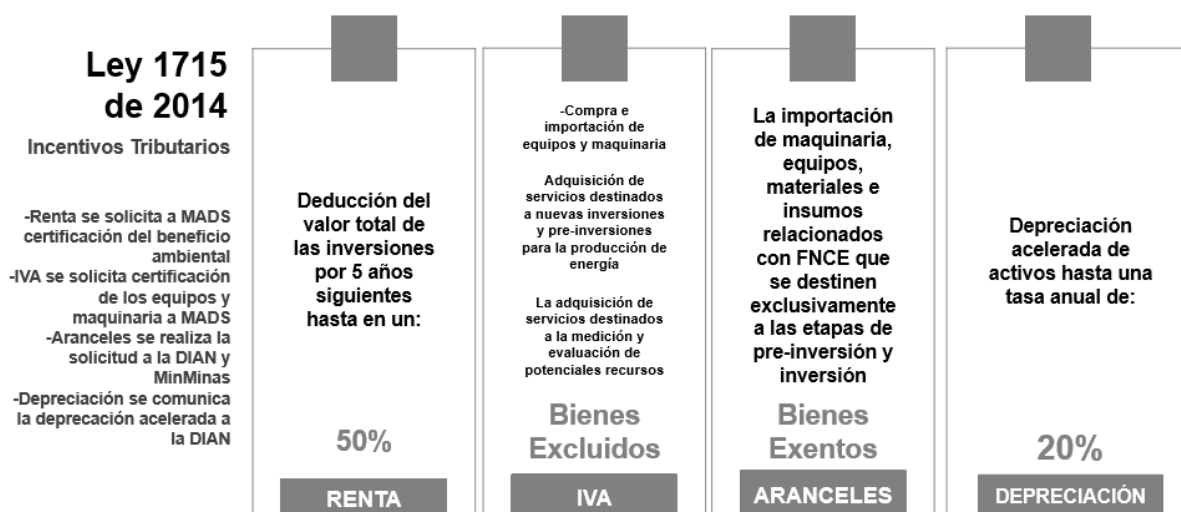
- Resolución 638/2007: Por medio de la cual se modifica el artículo 4° y anexos 1, 2 y 3 y se adicionan dos artículos a la Resolución UPME número 0520 del 9 de octubre de 2007 que estableció lo relacionado con el Registro de Proyectos de Generación y la forma como deben ser registrados los proyectos de generación y cogeneración de energía eléctrica a operar en el Sistema Interconectado Nacional.
- Resolución 143/2016: Por la cual se modifica el artículo quinto y se adicionan artículos y anexos a la Resolución UPME 0520 de octubre 9 de 2007 por medio de la cual se establece el Registro de Proyectos de Generación y se toman otras disposiciones.

El registro será detallado en el capítulo de gestión para la implementación del proyecto bajo una estructura de descomposición del trabajo -EDT-, dado que a pesar de ser voluntario es exigido en varios procedimientos de otras entidades por medio de procedimiento interno (Autoridades ambientales, Ministerio de Minas y Energía, CREG, UPME), al igual dicho registro debe ser previo a la solicitud el certificado FNCE (Fuentes no convencionales de energía), con el que se accede a los beneficios tributarios contemplados en la Ley 1715 de 2014; a continuación se detalla normatividad asociada a los incentivos tributarios, la cual tiene como propósito orientar las políticas públicas, incentivar la participación en este tipo de fuentes energéticas y estimular este tipo de iniciativas, detalladas en la página de internet a continuación (UPME, 2019):

- Ley 1715 de 2014: Se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional.
- Decreto MME 2143 de 2015: Se adiciona Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía, 1073 de 2015, en lo relacionado con la definición de los lineamientos para la aplicación de los incentivos establecidos en el Capítulo III de la Ley 1715 de 2014.
- Resolución UPME 045 de 2016: Requisitos y procedimientos para solicitar exclusión de IVA y exención de gravamen arancelario para proyectos FNCE.

- Resolución MADS7 1283 de 2016: Se establece el procedimiento y requisitos para la expedición de la certificación de beneficio ambiental por nuevas inversiones en proyectos de fuentes no convencionales de energías renovables – FNCER y gestión eficiente de energía, para obtener los beneficios tributarios del que tratan los artículos 11,12,13 y 14 de la Ley 1715 de 2014 y se adoptan otras determinaciones.
- Resolución MADS 1303 de 2018: Se modifica la Resolución 1283 de 2016 y se dictan otras disposiciones.
- Resolución UPME 703 de 2018: Requisitos y procedimientos para solicitar la exclusión del IVA y exención de gravamen arancelario de proyectos FNCE.

A partir de la normatividad mencionada se relaciona a continuación los incentivos fiscales asociados a la producción de energías renovables no convencionales, los cuales serán detallados en la evaluación financiera como ahorros del proyecto:



**Figura 7.** Incentivos Tributarios Ley 1715 de 2014 y normatividad vigente

**Fuente:** Elaboración propia a partir de (UPME, 2016)

<sup>7</sup> MADS corresponde a las siglas de Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

El artículo 11 de la Ley 1715 de 2014 fue modificado por el artículo 106 de PND 2018-2022 en donde el cambio se ve reflejado en el tiempo de la deducción del 50% del total de la inversión, ya que podrá realizarse en los **15 años** siguientes al año gravable en que haya entrado en operación la inversión y no 5 años como se indicaba inicialmente (Congreso de Colombia, 2018).

Es necesario identificar el tipo de proyecto dado que los incentivos aplican de forma distinta en proyectos de producción energética respecto a proyectos eficiencia energéticas; para el caso de Procesadora M Y M estamos hablando de un proyecto de eficiencia energética en el cual los incentivos que aplican son la exclusión del IVA únicamente en compra e importación de equipos y maquinaria y un descuento en renta del 25% de la inversión en el año en qué se realizó.

#### **4.3.2 Normatividad ambiental en proyectos de trigeneración.**

La implementación de una planta de trigeneración debe realizar una evaluación integral en los siguientes ámbitos ambientales: Emisiones atmosféricas y calidad del aire y ruido.

La construcción de centrales generadoras de energías tiene como marco normativo vigente el Decreto 1220 de 2005 que reglamenta el título VII de la Ley 99 de 1993, aplicable a los proyectos de cogeneración y trigeneración, en el cual en su artículo – 3 - especifica el alcance de la Licencia Ambiental, y en los artículos mencionados a continuación, cuál es la entidad encargada de generar la licencia según la capacidad de generación de la central (V. y D. I. Ministerio de Ambiente, 2013):

- Artículo 8: Centrales de generación con capacidad mayor a 100MW la licencia la otorgará el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
- Artículo 9: Centrales con capacidad de generación entre 10 y 100MW la licencia la otorgará la autoridad ambiental correspondiente (CAR<sup>8</sup>), según la localización territorial del proyecto.

---

<sup>8</sup> CAR es la sigla empleada para mencionar a las Corporaciones Autónomas Regionales



En consecuencia, se da por entendido que el sistema de trigeneración de la Procesadora M Y M analizado en este documento, no necesita licencia ambiental dado que es para producción interna y su capacidad de generación es inferior a 1 MW, no obstante, la licencia no exime las demás responsabilidades legales de carácter ambiental como permisos, certificaciones, formalización de documentación, entre otros.

Por lo anterior y como se mencionó al inicio de este numeral se debe revisar el ámbito correspondiente a emisiones atmosféricas, y así solicitar un permiso de estas, puesto que el proyecto realiza un proceso de combustión para la cogeneración; el permiso de emisiones atmosféricas se basa en el Decreto 948 de 1995, Artículo 75 (Solicitud del permiso) en donde se detallan lo que debe incluir la solicitud del mismo, sin embargo tampoco es aplicable para el proyecto de Procesadora M Y M dado su capacidad de generación.

En cambio el proyecto si debe cumplir con los estándares de emisión admisible de contaminantes al aire, tratados en la Resolución 909 de 2008 emitida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, en donde para el caso de estudio de la planta de trigeneración para Procesadora M Y M, se encuentra bajo el Artículo 14 correspondiente a: Estándares de emisión admisibles de contaminantes al aire para centrales térmicas con capacidad instalada inferior a 20 MW y plantas de cogeneración nuevas (V. y D. T. Ministerio de Ambiente, 2008), según tabla relacionada a continuación:

**Tabla 22.** Estándares de emisiones admisibles para centrales térmicas nuevas

Combustible	Estándares de emisión admisibles (mg/m <sup>3</sup> )			Oxígeno de referencia
	MP	SO <sub>2</sub>	NOx	
Sólido	50	2000	600	6%
Líquido	50	2000	450	3%
Gaseoso	NO APLICA	NO APLICA	300	3%

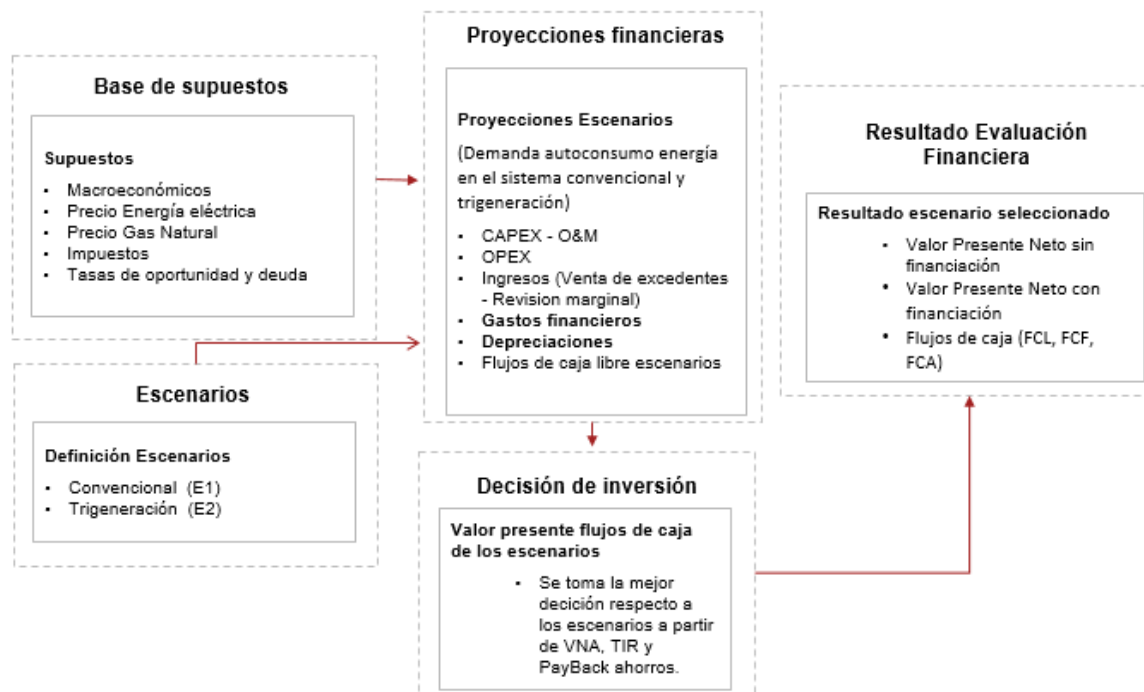
**Fuente:** Tomado de Ministerio de Ambiente p. 13, 2008

#### 4.4. Evaluación financiera

La evaluación financiera para el montaje de un sistema de trigeneración en la planta procesadora M Y M, se realiza bajo el concepto de Sapag, 2001: **reemplazo de activos** mencionada anteriormente, en la cual se definen los costos que varían respecto a la implementación de un sistema de trigeneración en la planta, comparando un sistema convencional de suministro energético; dando claridad que no implicará aumento en los ingresos actuales ni el nivel de operación de la empresa, en cambio implicará ahorros en los costos de operar el suministro energético y posibles ingresos respecto a la venta de excedentes de energía (análisis en caso en que lo requiera la viabilidad del proyecto).

A continuación, se detallará la estructura para la respectiva evaluación financiera:

**Figura 8.** Evaluación financiera implementación planta de trigeneración



**Fuente:** Elaboración propia

#### 4.4.1. Supuestos

- Inflación total: Se toman datos históricos del Banco de la República para 10 años anteriores a agosto de 2019, de allí se calcula estocásticamente el comportamiento de la variable a través de una Distribución Weibull por medio de una simulación de Monte Carlo.
- Tasa representativa del mercado: Se toma la TRM del día 13/08/2019 \$3.436,3 el día en que se realizan las cotizaciones de los modelos con su respectivo CAPEX y Montaje.
- Precio compra energía eléctrica en contrato: Se toman los datos históricos de la tarifa servicio energía por parte de Electricaribe a partir del año 2013 hasta abril de 2019, de allí se calcula estocásticamente el comportamiento de la variable través de una Distribución Beta por medio de una simulación de Monte Carlo, con un mínimo de precio \$510,41 por kWh cobrado en el mes de abril de 2019.

**Tabla 23.** Tarifa histórica servicio energía eléctrica Electricaribe COP

Mes	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Enero	329,14	329,78	342,66	454,22	385,46	431,29	468,39
Febrero	330,98	323,84	342,77	458,04	401,73	418,04	517,21
Marzo	335,47	336,45	343,86	465,72	430,75	454,88	532,38
Abril	334,16	336,45	389,3	447,00	426,84	461,83	510,41
Mayo	344,61	372,86	377,76	432,85	405,75	441,7	
Junio	327,06	364,26	383,42	411,06	386,5	448,89	
Julio	329,8	361,72	382,09	419,81	396,98	454,24	
Agosto	336,22	339,77	384,34	414,83	408,64	449,92	
Septiembre	328,27	339,38	389,69	425,03	423,44	457,24	
Octubre	324,1	342,01	419,02	415,54	431,39	466,14	
Noviembre	330,73	347,23	430,44	431,25	430,19	466,73	
Diciembre	329,64	336,91	430,87	434,03	431,19	460,89	

**Fuente:** Elaboración propia a partir de información recibo cobro servicio público Electricaribe

- Precio compra gas natural en contrato: Se toman los datos históricos de la tarifa servicio gas natural rango de cobro mayor a 20 m3 por parte de Gases de la Guajira S.A. E.S.P. a partir del año 2013 hasta abril de 2019, de allí se calcula estocásticamente el comportamiento de la variable través de una Distribución Beta por medio de una simulación de Monte Carlo, con un mínimo de precio \$1.231 por m3 cobrado en el mes de abril de 2019.

**Tabla 24.** Tarifa histórica servicio gas natural Gases de la Guajira COP

Mes	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Enero	875,8	902,4	990,4	1.175,6	1.366,2	1.244,6	1.221,0
Febrero	862,6	826,8	971,1	1.218,2	1.224,2	1.209,8	1.213,0
Marzo	885,0	845,5	994,8	1.274,5	1.099,7	1.200,3	1.198,0
Abril	888,3	828,0	1.038,3	1.179,8	1.134,1	1.181,3	1.231,0
Mayo	877,2	824,0	996,7	1.105,3	1.246,7	1.117,6	
Junio	890,9	818,7	981,5	1.207,3	1.206,1	1.167,9	
Julio	899,1	822,1	972,7	1.121,3	1.206,1	1.167,9	
Agosto	881,5	841,3	1.061,4	1.140,2	1.192,5	1.227,0	
Septiembre	877,4	836,9	1.147,5	1.162,6	1.230,5	1.227,0	
Octubre	883,2	913,8	1.153,1	1.134,1	1.216,6	1.207,0	
Noviembre	873,1	937,7	1.126,5	1.181,5	1.235,7	1.248,0	
Diciembre	884,6	961,7	1.146,2	1.255,9	1.302,1	1.236,0	

**Fuente:** Elaboración propia a partir de Datos Abiertos, 2019

- Impuestos e incentivos tributarios:

La tarifa de renta se tomará a partir del Art 80 de la Ley 1943 de 2018, donde modifica el artículo 240 del Estatuto Tributario y establece la tarifa de impuesto a la renta para personas jurídicas:

**Tabla 25.** Tarifa de impuesto de renta 2019 y años siguientes

Año Gravable	Impuesto de Renta
<b>2019</b>	33%
<b>2020</b>	32%
<b>2021</b>	31%
<b>2022 - Siguietes</b>	30%

**Fuente:** Elaboración propia a partir de Ley 1943 de 2018

La tarifa aplicable del IVA es el 19% para el año 2019 donde se realizó la cotización.

El descuento en renta del 25% para el año de la inversión se toma a partir de Artículo 255 del Estatuto Tributario el cual indica (Estatuto, 2019):

“Las personas jurídicas que realicen directamente inversiones en control, conservación y mejoramiento del medio ambiente, tendrán derecho a descontar de su impuesto sobre la renta a cargo el 25% de las inversiones que hayan realizado en el respectivo año gravable, previa acreditación que efectúe la autoridad ambiental respectiva, en la cual deberá tenerse en cuenta los beneficios ambientales directos asociados a dichas inversiones”.

Sin embargo, a continuación, se presentan los incentivos tributarios que se tomaran en cuenta en el modelo financiero:

**Tabla 26.** Incentivos tributarios tomados en valoración financiera del escenario de trigeneración

<b>Incentivo Tributario</b>	<b>Se tomará</b>
Renta	NO
Iva (Compra maquinaria y equipo) – Eficiencia Energética	SI
Aranceles	SI
Depreciación acelerada	NO

**Fuente:** Elaboración propia

El incentivo tributario de renta (Descuento del 25%) y la deprecación acelerada que la afecta, no se tomarán en el modelo financiero, dado que este incentivo depende del impuesto de renta y complementarios del inversionista, es decir, del tributo generado por el total de sus ingresos, deduciendo todos sus costos y gastos en que se incurren para la generación de los mismos; por lo cual sería impreciso asignar una deducción a renta sin conocer las demás operaciones del inversionista, teniendo en cuenta que la Ley contempla que: “El valor a deducir por este concepto en ningún caso podrá ser superior al 50% de la Renta Líquida del contribuyente, determinada antes de restar el valor de la inversión” (Congreso de Colombia, 2018).

A diferencia del incentivo en IVA y Aranceles dado que dicho incentivo aplica en el momento de la compra de la inversión, por tal motivo estos dos incentivos si se incluyen en el modelo financiero.

Cabe anotar que en caso en que el inversionista pueda realizar las deducciones de renta, si su renta le permite, estas deducciones serán ahorros para su operación, lo cual le representaría mayor rentabilidad.

- Vida útil: Método línea recta (10 años maquinaria y equipo), tanto para el sistema convencional como el sistema de trigeneración; si bien es cierto en el sistema de trigeneración se puede tomar depreciación acelerada, sin exceder el 20% anual del valor del activo (5 años), no se toma dado el punto anterior en el cual es un incentivo asociado a la renta y este depende de la operación del inversionista.
- Incrementos OPEX: Se proyectan incrementos a partir de la variación del IPC.
- Tiempo evaluación del proyecto: 10 años, partiendo operación enero 2020.
- Tasa de interés deuda: Findeter cuenta con varias líneas de crédito que permiten promover esta clase de proyectos, sin embargo, el proyecto de este documento no se encuentra entre los requisitos correspondientes a capacidad de generación para acceder a este tipo de línea.

Por lo anterior se procede a revisar las tasas de financiación de Bancolombia, banco con quien actualmente Procesadora M y M tiene contacto comercial, proporcionando una línea de crédito llamada: “Línea Sostenible Bancolombia, línea que financia los proyectos que mejoran la eficiencia energética y métodos de producción más limpios, de los procesos de la empresa adquiriente del crédito”, donde la tasa publicada a la fecha de consulta es: **Hasta** 29,04% E.A., y tanto la periodicidad de pago de interés y capital puede negociarse de forma anual y cuota fija (Bancolombia, 2019), sin embargo a través de llamada telefónica hecha a un comercial del banco Sede Toberín el día 19/09/2019 nos confirma que la tasa manejada depende del tipo de cliente, y en promedio se encuentra al 13,06% E.A para la mayoría de créditos otorgados, por ello tomaremos ésta última para los cálculos realizados.

- Estructura Capital: La estructura de capital se trabajará bajo dos escenarios, una vez escogido financieramente el mejor sistema de generación de energía.
  - Sin financiación.
  - Con financiación, con una deuda del 65% sólo sobre el monto de la inversión correspondiente a maquinaria y equipo, dado que está será la garantía del banco.

- Tasa oportunidad sectorial: Dada entrevista realizada con Procesadora M y M, se espera por parte de los socios una tasa de rentabilidad del 15% E.A., esta tasa es estipulada por los socios previas inversiones realizadas anteriormente en sus negocios, sin embargo estipulamos en esta valoración un aumento de 2% en la tasa de oportunidad del 17% E.A. cuando el proyecto presenta deuda, basándonos en el modelo de Robert Hamada mencionado por Valenzuela Keller, 2014: “**El apalancamiento financiero:** Cuanto mayor sea el grado de endeudamiento de la empresa mayor será el riesgo financiero y, por tanto, mayor será el beta de las acciones”.

#### 4.4.2. Escenarios

*Tabla 27.* Descripción escenarios a implementar

No.	Escenario	Valor total inversión COP	Valor total inversión COP - Incentivos
<b>E1</b>	CAPEX Modelo 1- Generación energética convencional	469.490.125	469.490.125
<b>E2</b>	CAPEX Modelo 2- Generación energética sistema trigeneración	1.015.408.875	927.058.875

*Fuente:* Elaboración propia a partir de cotizaciones realizadas

La inversión de los escenarios fue tomada a partir de las cotizaciones realizadas, las cuales se detallan en el estudio técnico del presente documento; en dichas cotizaciones se toma equipos, maquinaria, obras y servicios con su respectivo cobro de AIU<sup>9</sup> correspondiente al montaje, es importante detallar que los presupuestos son distintos debido a las necesidades destinadas a cada proyecto. Cabe destacar en que el E2, en la inversión con incentivos tributarios se excluye el IVA correspondiente a la compra e importación de maquinaria y equipos mencionado Ley 1715 de 2014 aplicable al proyecto de trigeneración.

#### 4.4.3. Proyecciones y flujos de caja libre de los escenarios

La proyección de escenarios se realiza teniendo en cuenta los siguientes conceptos, tal como se ha mencionado en la proyección de demanda energética y estudio técnico de los sistemas:

---

<sup>9</sup> AIU: Sigla utilizada para detalla la administración, imprevistos y utilidad de algunos contratos de servicios.

- CAPEX<sup>10</sup>: Corresponde a la inversión realizada del proyecto, la cual se capitaliza en su totalidad según cotización realizada (Tabla 27).
- OPEX<sup>11</sup>: Corresponde a la totalidad de costos, mencionados a continuación:
  - Los costos de operar el sistema energético (Partiendo de la demanda de energía para la producción proyectada de productos de la Procesadora M y M, se calcula el consumo anual en los sistemas ya sea de gas natural o energía eléctrica y se multiplica por su precio de compra).

**Demanda Energías:** Conforme se detalla en el análisis de la demanda energética del presente documento, la demanda de energía eléctrica cambia para el escenario convencional dado el estudio de ingeniería (consumo eléctrico refrigeración), las otras dos energías se comportan de igual forma.

**Tabla 28.** Resumen demanda de energías requeridas

Detalle Demanda Energía	Unidad	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
<b>Demanda Energía Eléctrica</b>	<b>MWh/año</b>		143,5	146,3	149,9	160,6	172,2	184,9	198,7	213,7	230,2	248,3
<b>Demanda Energía Térmica</b>	<b>MWh/año</b>		22,5	24,8	27,4	30,3	33,4	36,9	40,7	45,0	49,7	54,9
<b>Demanda Energía Térmica/Trigeneración</b>	<b>MWh/año</b>		188,8	208,1	229,6	253,5	280,0	309,4	342,2	378,7	419,3	464,7
Detalle Demanda Energía eléctrica Sistema Convencional	Unidad	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
<b>Demanda Energía Eléctrica</b>	<b>MWh/año</b>		214,9	225,0	236,7	256,4	278,0	301,8	328,0	356,9	388,7	423,9

**Fuente:** Elaboración propia

**Consumo servicio público para la generación de energías:** El insumo para la generación de energía cambia según sistema.

<sup>10</sup> CAPEX: Sigla utilizada para detallar las inversiones realizadas en bienes de capital.

<sup>11</sup> OPEX: Sigla utilizada para detallar los costos relacionados con la operación y funcionamiento de un negocio.



**Tabla 29.** Consumo servicio público (Sistema convencional)

Consumo para la generación de energía	Unidad	0 2019	1 2020	2 2021	3 2022	4 2023	5 2024	6 2025	7 2026	8 2027	9 2028	10 2029
Energía Eléctrica	MWh/año		214,9	225,0	236,7	256,4	278,0	301,8	328,0	356,9	388,7	423,9
Energía Térmica	m <sup>3</sup> /Gas Natural		4.731,9	5.221,5	5.762,6	6.360,5	7.021,3	7.751,8	8.559,4	9.452,1	10.439,3	11.530,9
Energía Térmica/Trigeneración	MWh/año		188,8	208,1	229,6	253,5	280,0	309,4	342,2	378,7	419,3	464,7

**Fuente:** Elaboración propia a partir de salidas sistema convencional

**Tabla 30** Consumo servicio público (Sistema trigeneración)

Consumo para la generación de energía	Unidad	0 2019	1 2020	2 2021	3 2022	4 2023	5 2024	6 2025	7 2026	8 2027	9 2028	10 2029
Energía Eléctrica	m <sup>3</sup> /Gas Natural		16.581	16.905	17.320	18.553	19.895	21.358	22.953	24.695	26.600	28.685
Energía Térmica	m <sup>3</sup> /Gas Natural		2.601	2.870	3.168	3.496	3.860	4.261	4.705	5.196	5.739	6.339
Energía Térmica/Trigeneración	m <sup>3</sup> /Gas Natural		21.812	24.049	26.530	29.285	32.346	35.749	39.535	43.752	48.451	53.693

**Fuente:** Elaboración propia a partir de salidas sistema trigeneración

Precio de compra servicios públicos: Se comporta según históricos mencionados anteriormente. Los costos de mantenimiento de las plantas de generación energética incluyen los mantenimientos mayores y rutinarios, detallados en el estudio técnico del presente documento, los cuales se proyectarán a continuación:

**Tabla 31.** Proyección mantenimiento sistema convencional

Descripción	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Costos de mantenimiento	00	-11.151	-11.566	-24.497	-12.445	-26.357	-13.390	-28.359	-14.406	-14.943	-31.650
Mantenimiento rutinario		-11.151	-11.566	-11.997	-12.445	-12.908	-13.390	-13.889	-14.406	-14.943	-15.500
Mantenimiento mayor	00	00	-12.500	00	-13.449	00	-14.470	00	00	-16.149	

**Fuente:** Elaboración propia, cifras en miles de pesos COP

**Tabla 32.** Proyección mantenimiento sistema trigeneración

Descripción	0 2019	1 2020	2 2021	3 2022	4 2023	5 2024	6 2025	7 2026	8 2027	9 2028	10 2029
Costos de mantenimiento	00	-24.117	-25.016	-62.275	-26.915	-67.004	-28.959	-72.092	-31.158	-32.319	-80.458
Mantenimiento rutinario	00	-24.117	-25.016	-25.948	-26.915	-27.918	-28.959	-30.038	-31.158	-32.319	-33.524
Mantenimiento mayor	00	00	00	-36.327	00	-39.086	00	-42.054	00	00	-46.934

**Fuente:** Elaboración propia, cifras en miles de pesos COP

- Depreciación: Según inversión realizada la deprecación anual en cada uno de los escenarios es la siguiente:

Tabla 33. Depreciación anual escenarios

Descripción	Valor
Depreciación en línea recta Maquinaria y equipos (10 años)	46.949.013
<b>Depreciación escenario 2</b>	
Depreciación en línea recta Maquinaria y equipos (10 años)	92.705.888

*Fuente:* Elaboración propia

- Impuesto de renta: Se proyecta el impuesto de renta aplicando el porcentaje para cada año, a los costos relacionados (El impuesto de renta de refleja como una entrada de efectivo, dado que sería un menor valor por pagar de renta ya que se trata de costos).

Tabla 34. Proyección del impuesto de renta y complementarios

Descripción	0 2019	1 2020	2 2021	3 2022	4 2023	5 2024	6 2025	7 2026	8 2027	9 2028	10 2029
Sistema Convencional	00	00	90.028	92.456	98.917	102.558	114.753	119.738	134.057	140.766	153.014
Sistema Trigeneración	00	00	54.366	54.082	64.755	55.824	69.702	60.334	75.536	65.761	68.885

*Fuente:* Elaboración propia, cifras en miles de pesos COP

**Tabla 35.** Proyección Escenario 1 (Sistema Convencional)

Descripción	Unidad	0 2019	1 2020	2 2021	3 2022	4 2023	5 2024	6 2025	7 2026	8 2027	9 2028	10 2029
<b>CAPEX</b>												
Costos Inversión Escenario 1		-469.490										
<b>TOTAL CAPEX</b>	COP/año	<b>-469.490</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Costos O&amp;M</b>												
Costos administrativos	COP/Anual	00	-234.388	-251.296	-282.775	-294.911	-335.561	-352.177	-399.908	-422.270	-463.099	-524.554
Costos de operación	COP/Anual	00	-223.237	-239.730	-258.278	-282.466	-309.204	-338.788	-371.549	-407.864	-448.156	-492.905
Costos de mantenimiento	COP/Anual	00	-11.151	-11.566	-24.497	-12.445	-26.357	-13.390	-28.359	-14.406	-14.943	-31.650
Mantenimiento rutinario	COP/Anual	00	-11.151	-11.566	-11.997	-12.445	-12.908	-13.390	-13.889	-14.406	-14.943	-15.500
Mantenimiento mayor	COP/Anual	00	00	00	-12.500	00	-13.449	00	-14.470	00	00	-16.149
<b>TOTAL OPEX</b>	COP/año	00	<b>-234.388</b>	<b>-251.296</b>	<b>-282.775</b>	<b>-294.911</b>	<b>-335.561</b>	<b>-352.177</b>	<b>-399.908</b>	<b>-422.270</b>	<b>-463.099</b>	<b>-524.554</b>
Depreciación	COP/anual	00	-46.949	-46.949	-46.949	-46.949	-46.949	-46.949	-46.949	-46.949	-46.949	-46.949
Gastos bancarios	COP/anual	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Impuesto a la renta (operación)	COP/anual	00	00	90.028	92.456	98.917	102.558	114.753	119.738	134.057	140.766	153.014

**Fuente:** Elaboración propia, cifras en miles de pesos COP

**Tabla 36.** Proyección Escenario 2 (Sistema Trigeneración)

Descripción	Unidad	0 2019	1 2020	2 2021	3 2022	4 2023	5 2024	6 2025	7 2026	8 2027	9 2028	10 2029
<b>CAPEX</b>												
Costos Inversión Escenario 2		-927.059										
<b>TOTAL CAPEX</b>	COP/año	<b>-927.059</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Costos O&amp;M</b>												
Costos administrativos	COP/Anual	00	-77.188	-81.752	-123.145	-93.374	-139.633	-108.407	-159.082	-126.498	-136.912	-195.313
Costos de operación	COP/Anual	00	-53.072	-56.736	-60.870	-66.459	-72.629	-79.448	-86.990	-95.340	-104.592	-114.855
Costos de mantenimiento	COP/Anual	00	-24.117	-25.016	-62.275	-26.915	-67.004	-28.959	-72.092	-31.158	-32.319	-80.458
Mantenimiento rutinario	COP/Anual	00	-24.117	-25.016	-25.948	-26.915	-27.918	-28.959	-30.038	-31.158	-32.319	-33.524
Mantenimiento mayor	COP/Anual	00	00	00	-36.327	00	-39.086	00	-42.054	00	00	-46.934
<b>TOTAL OPEX</b>	COP/año	<b>00</b>	<b>-77.188</b>	<b>-81.752</b>	<b>-123.145</b>	<b>-93.374</b>	<b>-139.633</b>	<b>-108.407</b>	<b>-159.082</b>	<b>-126.498</b>	<b>-136.912</b>	<b>-195.313</b>
Depreciación	COP/anual	00	-92.706	-92.706	-92.706	-92.706	-92.706	-92.706	-92.706	-92.706	-92.706	-92.706
Gastos bancarios	COP/anual	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Impuesto a la renta (operación)	COP/anual	00	00	54.366	54.082	64.755	55.824	69.702	60.334	75.536	65.761	68.885

**Fuente:** Elaboración propia, cifras en miles de pesos COP

Los flujos de caja libre de los escenarios se detallan a continuación:

**Tabla 37.** Flujos de caja libre determinísticos de los escenarios

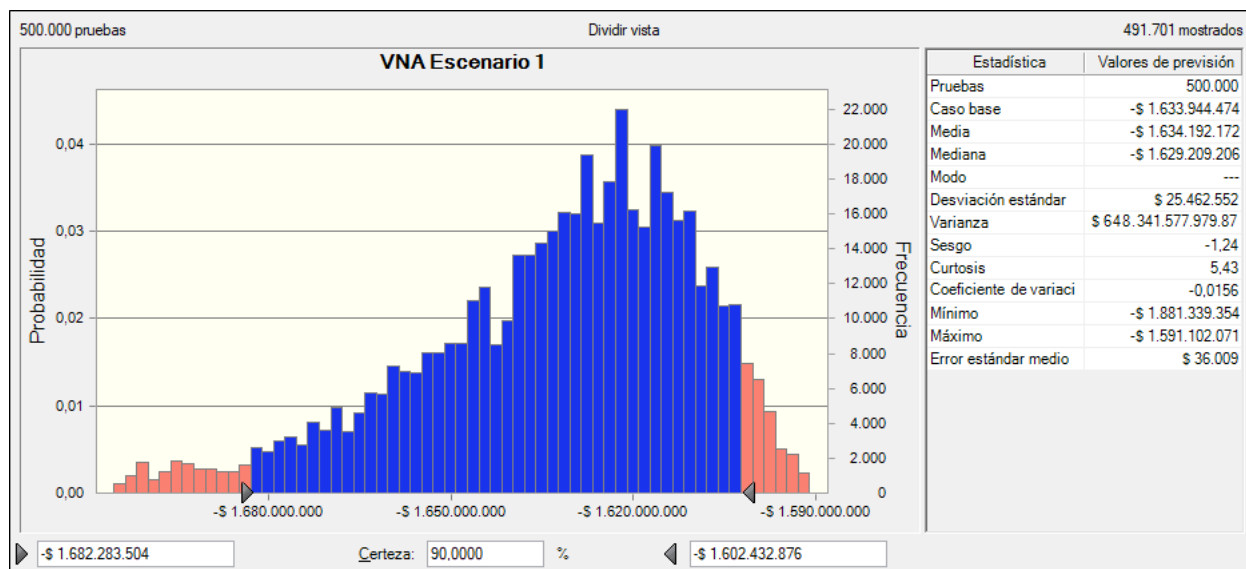
Concepto	0 2019	1 2020	2 2021	3 2022	4 2023	5 2024	6 2025	7 2026	8 2027	9 2028	10 2029
Escenario 1 (Convencional)	-469.490	-234.388	-161.269	-190.319	-195.993	-233.004	-237.424	-280.170	-288.213	-322.333	-371.540
Escenario 2 (Trigeneración)	-927.059	-77.188	-27.385	-69.063	-28.619	-83.809	-38.705	-98.748	-50.961	-71.151	-126.428

**Fuente:** Elaboración propia, cifras en miles de pesos COP

#### 4.4.4. Decisión de inversión

A continuación, se detalla el análisis de resultados de los flujos de caja libre para cada uno de los escenarios a través del programa de Crystall Ball donde se modela la inflación y los precios de energía eléctrica y gas natural (variables que se comportan estocásticamente dentro del modelo) con una simulación de 500.000 escenarios usando nuevamente el programa Crystall Ball, donde se aplica una tasa de descuento para ambos modelos del 15% E.A., correspondiente a la tasa de oportunidad de los accionistas cuando no se presenta financiación.

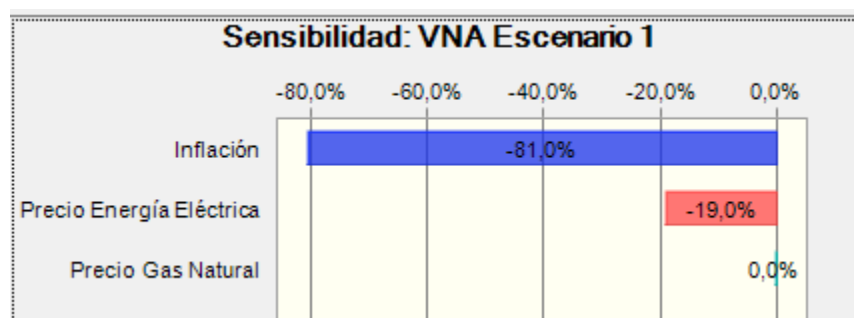
**Escenario 1 – Convencional:** La media del valor presente neto para los flujos de caja libre del proyecto es -\$1.634.192.172, con una probabilidad del 90%.



**Figura 9.** Análisis Valor Presente Neto del FCL Escenario 1

**Fuente:** Elaboración propia a partir del programa Crystal Ball

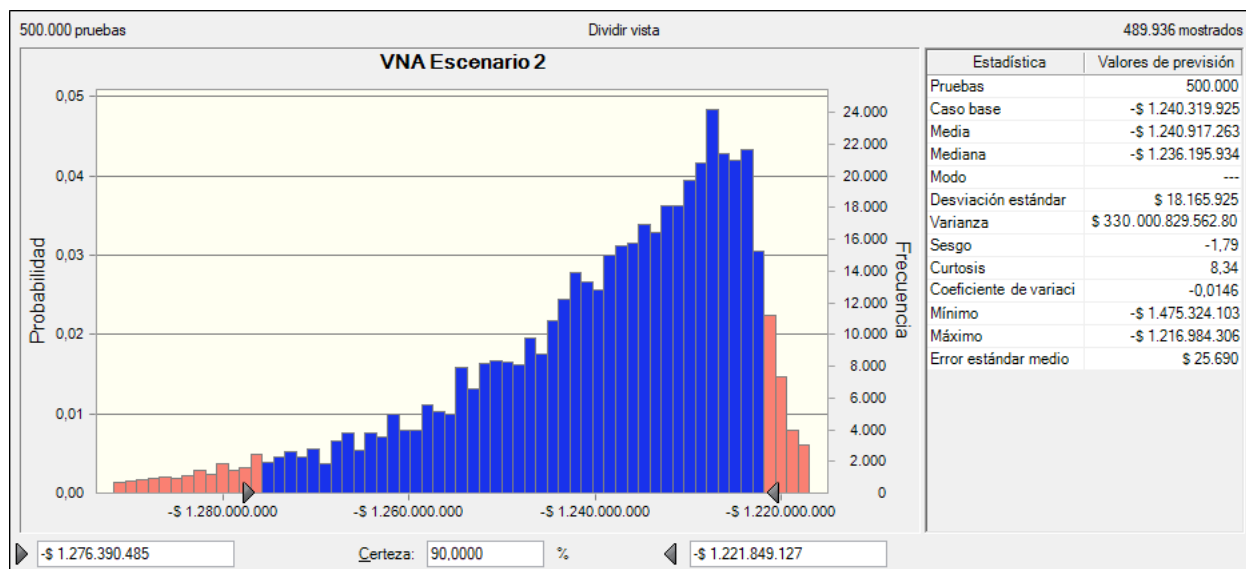
Siendo este resultado sensible a las variables en el siguiente porcentaje:



**Figura 10.** Análisis de sensibilidad del Valor Presente Neto del FCL Escenario 1

**Fuente:** Elaboración propia a partir del programa Crystal Ball

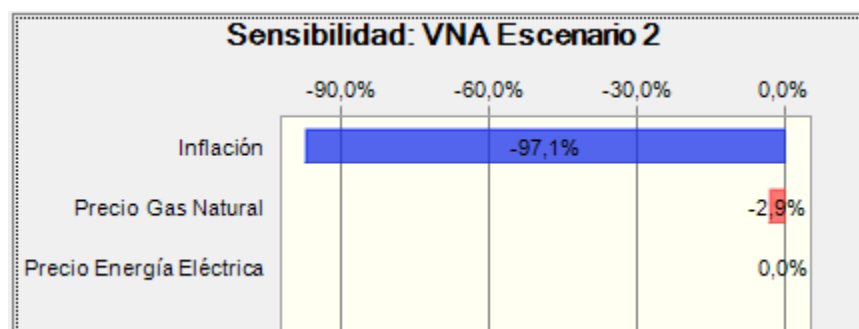
**Escenario 2 – Trigeneración:** La media del valor presente neto para los flujos de caja libre del proyecto es -\$1.240.917.263, con una probabilidad del 90%.



**Figura 11.** Análisis Valor Presente Neto del FCL Escenario 2

**Fuente:** Elaboración propia a partir del programa Crystal Ball

Siendo este resultado sensible a las variables en el siguiente porcentaje:



**Figura 12** Análisis de sensibilidad del Valor Presente Neto del FCL Escenario 2

**Fuente:** Elaboración propia a partir del programa Crystal Ball

A partir de los resultados anteriores y partiendo del entendimiento de que el valor presente es negativo en ambos escenarios, puesto que se trata de un proyecto que representa ahorro en costos, se escoge el proyecto que represente el mayor valor presente neto, es decir, el que represente menor salida de flujos de caja y por ende ahorros al momento de realizar la inversión.

**Primera Instancia de decisión (VNA FCL):**

<b>Proyecto Convencional</b>	-\$	1.634.192.172
<b>Proyecto Trigeneración</b>	-\$	1.240.917.263
<b>Proyecto para escoger</b>		<b>Proyecto Trigeneración</b>

Sin embargo, se realiza la comparación entre los escenarios a partir de la construcción del flujo de caja incremental o diferencial (Ver Anexo Memoria Cálculos), con el fin de determinar los ahorros entre implementar uno u otro, el cual arroja los siguientes resultados:

**Tabla 38.** Flujos de caja diferencial entre sistema convencional y trigeneración

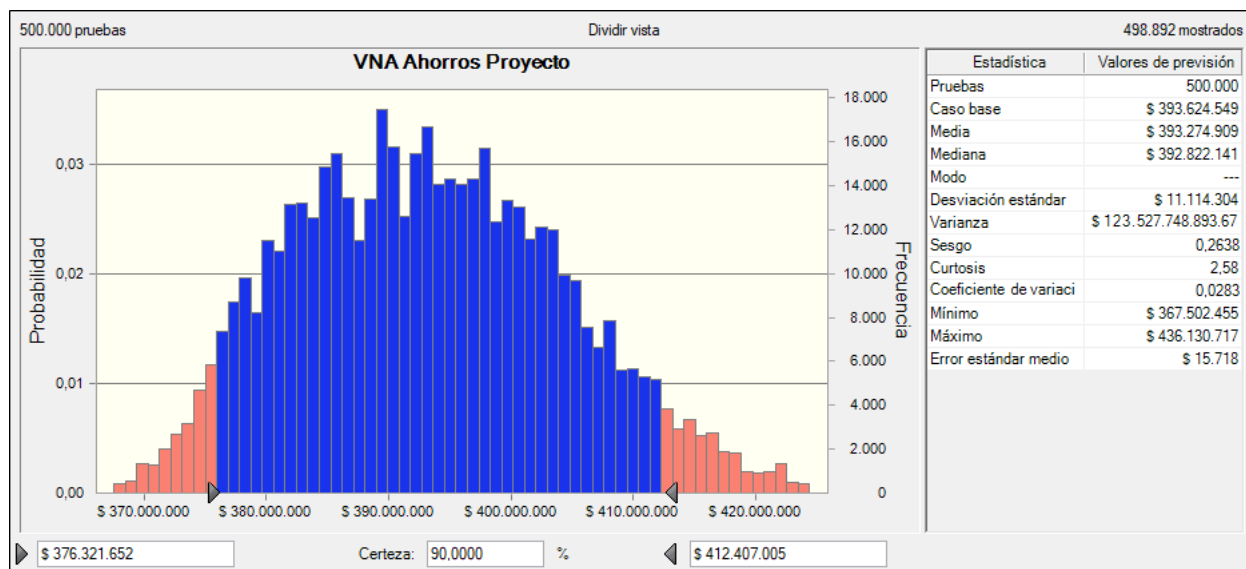
<b>Concepto</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>	<b>2024</b>	<b>2025</b>	<b>2026</b>	<b>2027</b>	<b>2028</b>	<b>2029</b>
Escenario 1 (Convencional)	-469.490	-234.388	-161.269	-190.319	-195.993	-233.004	-237.424	-280.170	-288.213	-322.333	-371.540
Escenario 2 (Trigeneración)	-927.059	-77.188	-27.385	-69.063	-28.619	-83.809	-38.705	-98.748	-50.961	-71.151	-126.428
<b>Flujo de Caja Incremental</b>	-457.569	157.199	133.883	121.256	167.375	149.194	198.719	181.422	237.252	251.183	245.112

**Fuente:** Elaboración propia

**Flujo de Caja Incremental o Diferencial:** La media del valor presente neto para los flujos de caja libre comparado entre escenarios es de \$ 393.274.909, con una probabilidad del 90%, es decir, estos son los ahorros entre implementar el sistema de trigeneración frente al convencional.

<b>VPN Proyecto Convencional</b>	-\$	1.634.192.172
<b>VPN Proyecto Trigeneración</b>	-\$	1.240.917.263
<b>VPN Flujo de Caja Diferencial</b>	-\$	393.274.909

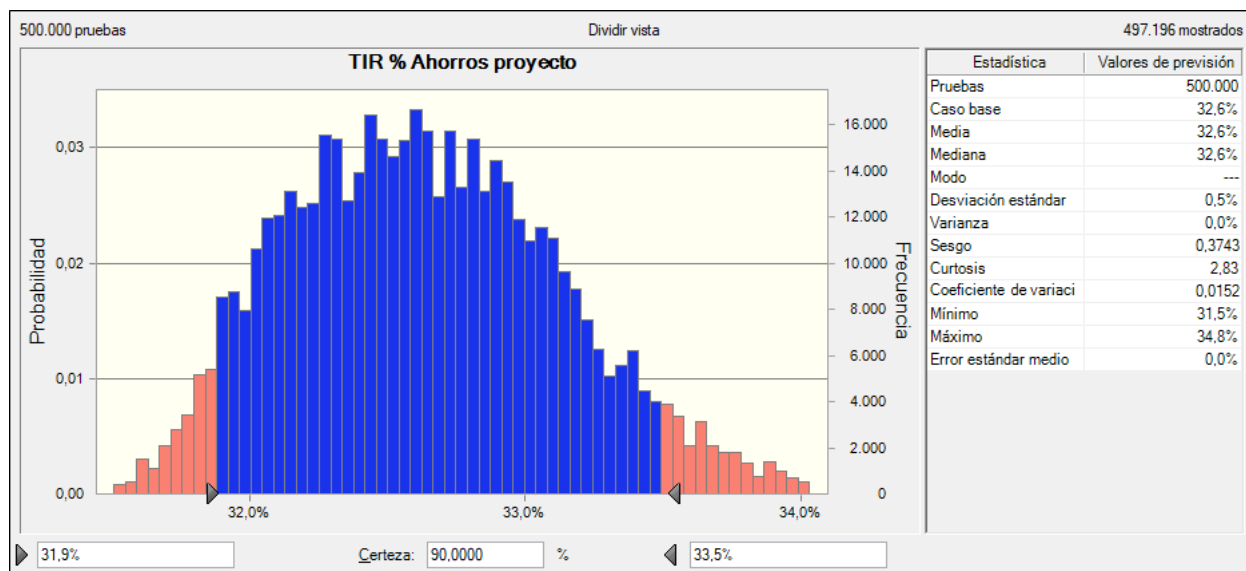




**Figura 13.** Análisis Valor Presente Neto Flujo de Caja Diferencial

**Fuente:** Elaboración propia a partir del programa Crystal Ball

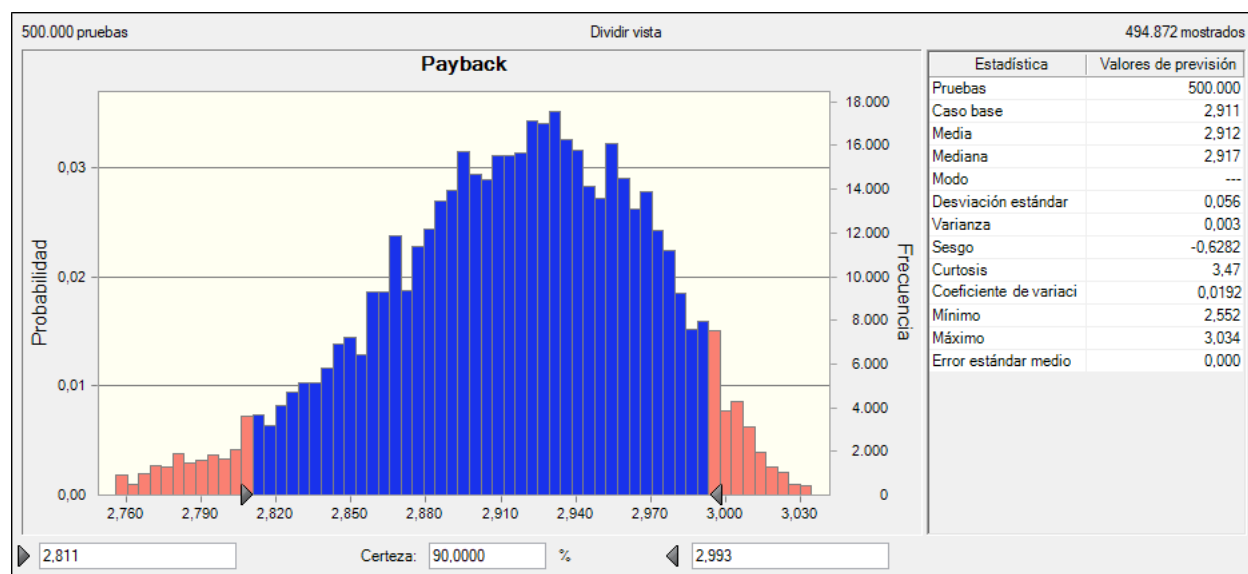
**TIR:** La media de la tasa interna de retorno **respecto a los ahorros** entre implementar el sistema de trigeneración frente al convencional es del 32,6%, con una probabilidad del 90%.



**Figura 14.** TIR respecto a ahorros de implementación entre escenarios

**Fuente:** Elaboración propia a partir del programa Crystal Ball

**Payback:** La media de recuperación de la inversión respecto a los **ahorros** entre implementar el sistema de trigeneración frente al convencional es de 2,911 años, con una probabilidad del 90%.



**Figura 14.** Payback respecto a ahorros de implementación entre escenarios

**Fuente:** Elaboración propia a partir del programa Crystal Ball

Por lo anterior se concluye que financieramente el escenario que es viable dado los ahorros esperados es el: Escenario 2 - Trigeneración, presentando mejores indicadores financieros al comparar los flujos de caja libre de su implementación respecto al sistema convencional, reflejando así unos ahorros y rentabilidad que superan la tasa de oportunidad solicitada por el inversionista.

#### 4.4.5. Resultado evaluación financiera - escenario seleccionado –

Una vez seleccionado el proyecto de trigeneración como el proyecto viable financieramente, se procede a realizar un análisis con y sin financiación y así calcular los flujos de caja (Libre, Deuda e Accionistas).

**Sin financiación:** Al no tener financiación el proyecto de implementación de trigeneración se da por entendido que el Flujo de Caja Libre (Proyectado en la comparación de escenarios) es igual al Flujo de Caja de los Accionista:

**Tabla 39.** Flujos de caja sin financiación sistema de trigeneración

Concepto	0 2019	1 2020	2 2021	3 2022	4 2023	5 2024	6 2025	7 2026	8 2027	9 2028	10 2029
Flujo de Caja Libre	-927.059	-77.188	-27.385	-69.063	-28.619	-83.809	-38.705	-98.748	-50.961	-71.151	-126.428
Ahorro en impuestos											
(i)	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
Flujo de Caja Deuda	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
Flujo de Caja Accionistas	-927.059	-77.188	-27.385	-69.063	-28.619	-83.809	-38.705	-98.748	-50.961	-71.151	-126.428

**Fuente:** Elaboración Propia

El flujo de caja del inversionista representa un valor presente neto determinístico de - \$1.240.319.925, calculado ya anteriormente.

**Valor Presente Neto FCL** - \$1.240.319.925

**Valor Presente Neto FCD** -

**Valor Presente Neto FCA** - \$1.240.319.925

**Con financiación:** Al tener financiación el proyecto de implementación de trigeneración, las tasas manejadas para descontar los flujos de caja son las siguientes: tasa de oportunidad de los socios del 17% E. A., tal como se mencionó en los supuestos y así descontar el flujo de caja de los accionistas; al igual se tiene en cuenta para calcular el WACC del proyecto y descontar el flujo de caja libre con este.

**Tabla 40.** Cálculo de WACC Trigeneración con financiación

Estructura de capital		Costo financiero	Costo promedio de la renta	Costo financiero *(1-tx)	WACC Proyecto
Recursos Propios	35%	17,00%		17,00%	5,95%
Recursos Deuda	65%	13,06%	30,55%	9,07%	5,90%
<b>WACC Proyecto</b>					<b>11,85%</b>

**Fuente:** Elaboración propia

A continuación, se detalla la amortización de la deuda, partiendo del supuesto mencionado del 65% sobre la maquinaria y equipo del CAPEX.

**Tabla 41.** Amortización deuda Escenario 2 – Trigeneración

Descripción	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Deuda	302.250	285.889	267.391	246.477	222.831	196.098	165.873	131.701	93.066	49.385	00
Interés		39.474	37.337	34.921	32.190	29.102	25.610	21.663	17.200	12.154	6.450
Abono capital		16.361	18.498	20.914	23.645	26.733	30.225	34.172	38.635	43.681	49.385
Servicio de la deuda		55.835	55.835	55.835	55.835	55.835	55.835	55.835	55.835	55.835	55.835

**Fuente:** Elaboración propia

A partir de lo anterior se procede a calcular los flujos de caja cuando se presenta financiación:

**Tabla 42.** Flujos de caja con financiación sistema de trigeneración

Concepto	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Flujo de Caja Libre	-927.059	-77.188	-27.385	-69.063	-28.619	-83.809	-38.705	-98.748	-50.961	-71.151	-126.428
Ahorro en impuestos (i)	00	00	12.632	11.574	10.476	9.657	8.731	7.683	6.499	5.160	3.646
Flujo de Caja Deuda	-302.250	55.835	55.835	55.835	55.835	55.835	55.835	55.835	55.835	55.835	55.835
Flujo de Caja Accionistas	-624.809	-133.023	-70.589	-113.324	-73.977	-129.988	-85.810	-146.900	-100.298	-121.826	-178.617

**Fuente:** Elaboración propia

Lo anterior, permite comparar el valor presente del accionista **sin financiación** (descontado al 15% E.A. tasa de oportunidad sin financiación) -\$1.240.319.925, respecto al **con financiación** (descontado al 17% E.A. tasa de oportunidad con financiación) -\$1.137.366.620. Sin embargo, para evidenciar el efecto de la financiación sobre el proyecto, se volverá a tomar el FCL incremental o diferencial calculado anteriormente determinístico, pero en esta ocasión descontado con el WACC del proyecto 11,85% para cuando hay financiación.

**VPN Ahorros del Proyecto Sin Financiación**      \$393.624.549

**VPN Ahorros del Proyecto Con Financiación**      \$521.843.964

Lo que conlleva que al comparar el valor presente neto del proyecto sin apalancamiento (descontado a la tasa sin financiación) respecto al valor presente neto con apalancamiento (descontado con el WACC del proyecto), el WACC genere valor tanto a los accionistas, como al proyecto por un valor de \$128.219.415.

#### 4.5. Plan de implementación

La implementación de un sistema de trigeneración en la Procesadora M y M implicará la articulación de un grupo de procesos, los cuales se presentarán en el desarrollo de este numeral y se concentrarán a nivel del alcance, tiempo y costos. Sin embargo, se hace necesario detallar inicialmente el contexto del proyecto:

**Descripción breve del proyecto:** Dada las restricciones del servicio de energía eléctrica actualmente contratado y las implicaciones que podrá tener de cara al futuro en la competitividad de la empresa, los socios de Procesadora de Alimento M y M, durante algún tiempo se dieron a la tarea de estudiar diversas tecnologías alternativas con las cuales pudieran asegurar el suministro eléctrico idóneo para su nueva planta, hasta llegar a la alternativa de la trigeneración energética.

**Justificación del proyecto:** En la culminación del proyecto Procesadora M Y M contará con un sistema de trigeneración energética, el cual le permitirá asegurar el suministro eléctrico idóneo para su planta según la proyección de ventas y estrategias de crecimiento de esta, sin las restricciones actuales que presenta con la energía contratada.

**Tabla 43.** Alineación del proyecto con objetivo estratégico Procesadora M y M

ALINEACIÓN DEL PROYECTO	
OBJETIVO ESTRATÉGICO PROCESADORA M Y M	PROPÓSITO DEL PROYECTO
1. Garantizar la competitividad de la empresa respecto a las nuevas apuestas en ventas de productos.	1. Asegurar el suministro energético actual y futuro de la planta procesadora. 2. Permitir un suministro energético continuo y uniforme. 3. Reducir costos administrativos tanto de operación como de mantenimiento al momento de la generación de la energía eléctrica.

**Fuente:** Elaboración Propia

#### Objetivos del proyecto de implementación:

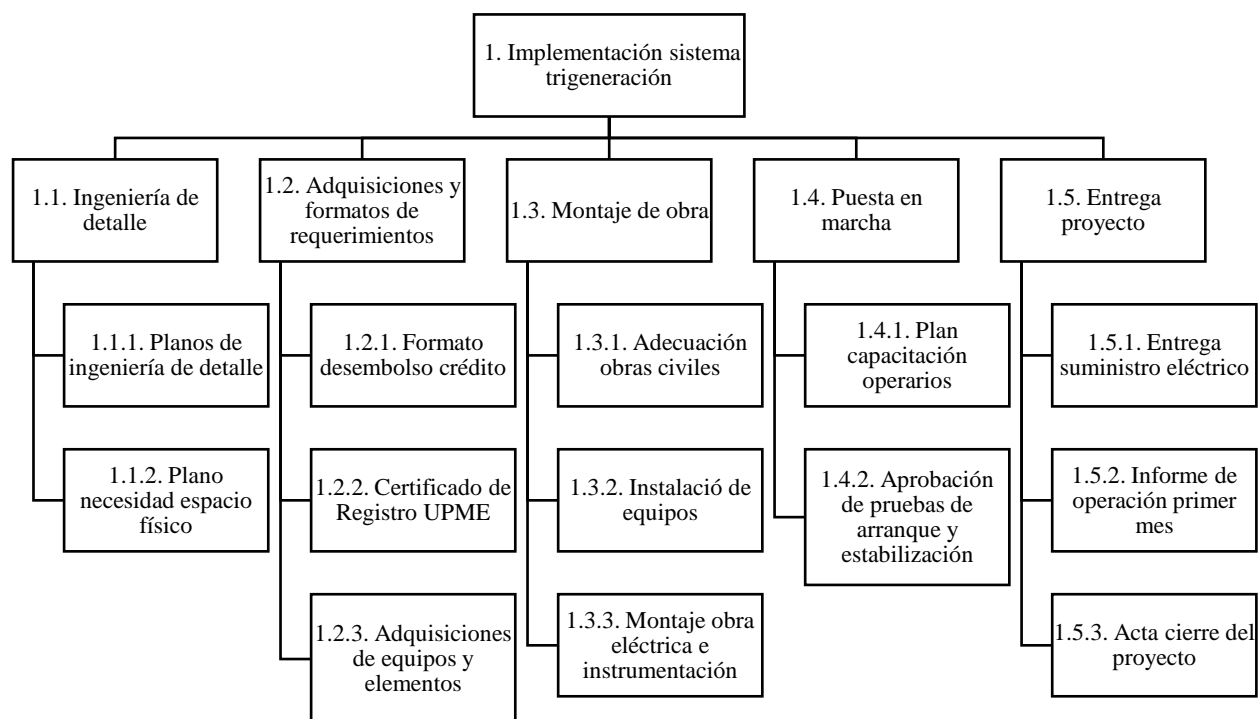
- Implementar y poner en marcha el sistema de trigeneración energético con un costo de \$975.000.000 COP Apróx.

- Finalizar el proyecto en un tiempo máximo de 6 meses desde el momento de aceptación.
- Entregar el proyecto finalizado con todos los estándares de calidad aplicables a este.

#### **4.5.1. Alcance de la implementación del sistema de trigeneración**

La implementación del sistema de trigeneración busca asegurar el suministro energético tanto actual como futuro de Procesadora de Alimentos M Y M, bajo la metodología utilizar una fuente energética primaria disponible, para transformarla en tres tipos de energía útiles. Para este caso particular se planteó utilizar el suministro de Gas Natural Comprimido (GNC) de alta confiabilidad, instalado en la planta y utilizarlo en un sistema combinado de motor y generador para producir el flujo de energía eléctrica constante requerido por los equipos de la planta. En paralelo, el vapor y el frío que igualmente requerirían los procesos sería obtenido a partir del calor que se genera de los gases y cuerpo del motor utilizando un equipo complementario denominado Chiller de Absorción.

Para ello, se realiza la siguiente descomposición de entregables que se van a ejecutar por el equipo de trabajo del proyecto:



**Figura 15.** EDT proyecto de implementación sistema de trigeneración

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 44.** Detalle estructura descomposición del trabajo implementación sistema de trigeneración

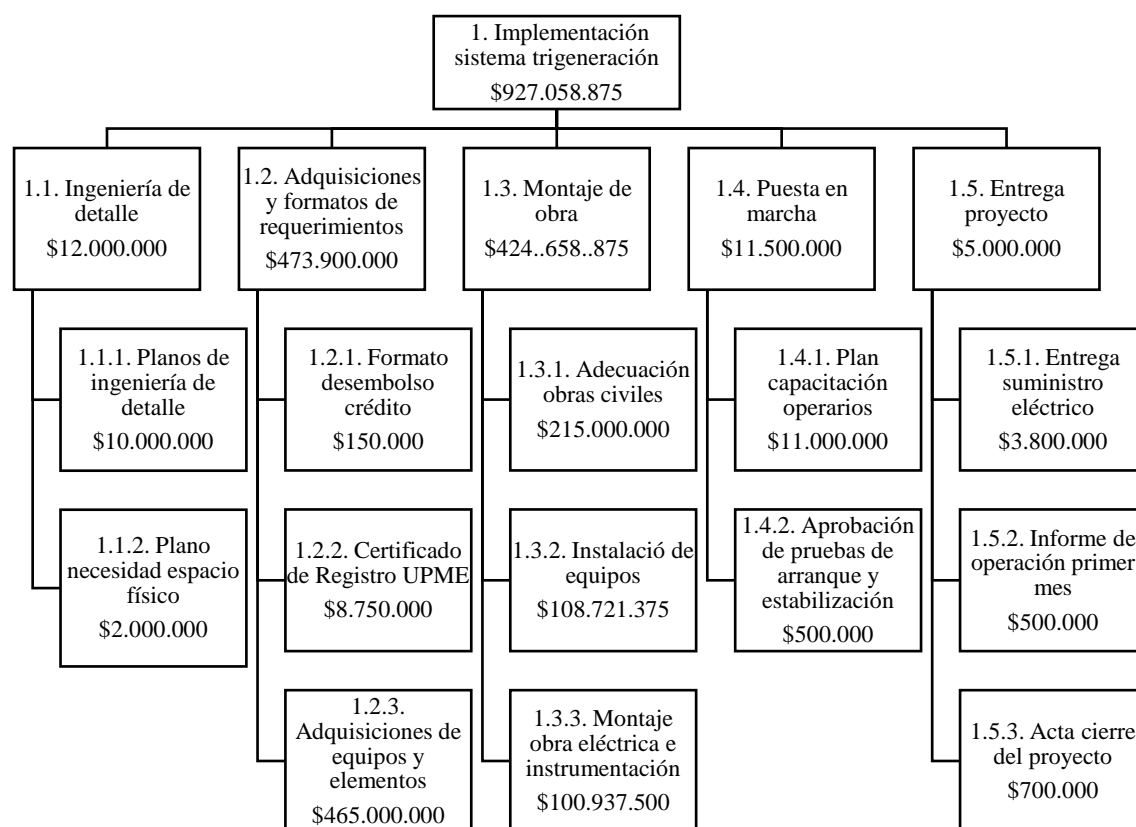
<b>ESTRUCTURA DESCOMPOSICIÓN DEL TRABAJO</b>	
<b>ENTREGABLE</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>Ingeniería de detalle</b>	
Planos ingeniería de detalle	Definición y aprobación de los planos de construcción de las obras civiles, mecánicas, obras eléctrica e instrumentación, al igual que las especificaciones de los equipos y los proveedores con los que se contratara.
Plano espacio físico	Definición y aprobación por parte de Procesadora de Alimentos M y M la ubicación física en donde se ubicarán los equipos dentro de las instalaciones de la planta según las características de los equipos seleccionados para el montaje.
<b>Adquisiciones y formatos de requerimientos de adquisición de equipos y elementos</b>	
Formato solicitud desembolso de crédito	Realizado toda la preparación y trámite de solicitud de crédito empresarial bajo la Línea Verde de Bancolombia, se finaliza en la solicitud del desembolso del crédito a la cuenta destinada por Procesadora M Y M para ejecutar el proyecto.
Certificado de Registro (UPME)	Se presenta documentación soporte para obtener las certificaciones de beneficio ambiental requerido por las autoridades energéticas y ambientales UPME y ANLA respectivamente con los cuales se habilita la obtención de incentivos tributarios.
Adquisiciones de equipos y elementos	Documento de compra que formaliza la adquisición del motogenerador, tanque almacenamiento, Chiller, intercambiador y quemador, validando las características técnicas (marca, diseño, modelo, entre otras), incentivos tributarios y presupuestales, el cual debe estar aprobado por el Gerente y Patrocinador del Proyecto.
<b>Montaje de obra</b>	
Adecuación en obras civiles	Contratación e inicio de las obras con el contratista seleccionado.
Instalación de equipos	Montaje de los equipos en el espacio definido por Procesadora de Alimentos M Y M.
Montaje obra eléctrica e instrumentación	Contratación e inicio de las obras eléctrica e instrumentación definidas en los planos de detalle.
<b>Puesta en marcha</b>	
Aprobación de pruebas de arranque y estabilización	Finalización de las pruebas de arranque definidas para el sistema.
Plan de capacitación operarios del sistema y encuesta de satisfacción del mismo	Diseño de capacitación a realizar al personal operario, donde se estipule a través de un documento el perfil técnico de las personas, los temas a tratar y la duración de las capacitaciones; una vez finalizado se espera encuesta de satisfacción de este, para plantear si es necesario realizar más sesiones de las estipuladas.
<b>Entrega Obra / Culminación proyecto</b>	
Entrega sistema suministro energético	Entrega del sistema de trigeneración bajo los estándares definidos en el acta de constitución del proyecto por parte del gerente del montaje del proyecto contratado.
Informe de operación primer mes	Documento formal que contenga el resultado de operación del sistema de trigeneración el primer mes, y por medio de información (gráfica, tabulada, entre otras) permita hacer gestión y análisis de resultados.
Acta de cierre proyecto	Documento formal de cierre del proyecto donde se estipule: 1. Aceptación de todos los entregables según requerimientos y criterios de aceptación.

**Fuente:** Elaboración propia



#### 4.5.2. Costo de la implementación del sistema de trigeneración

El presupuesto para implementación el sistema de trigeneración en la Procesadora M y M se detalla a continuación, a partir del capital estimado para el montaje del sistema energético trigeneración, mencionado en el estudio técnico:



**Figura 16.** Presupuesto implementación sistema de trigeneración

**Fuente:** Elaboración propia

### 4.5.3. Tiempo de la implementación del sistema de trigeneración

No.	Actividad	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5				Mes 6			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Elaboración ingeniería de detalle																								
2	Definición de presupuesto final de obra																								
3	Solicitud y desembolso de créditos																								
4	Solicitud de incentivos tributarios																								
5	Adquisición de equipos																								
6	Elaboración de obras civiles																								
7	Instalación de equipos																								
8	Montaje obra eléctrica e instrumentación																								
9	Capacitación operación sistema de trigeneración																								
10	Realización de pruebas de arranque y estabilización																								
11	Entrega sistema suministro energético																								

**Figura 17.** Diagrama de Gantt – Implementación sistema de trigeneración

Fuente: Elaboración Propia

Observaciones generales:

- Comenzar inversión una vez aprobado desembolso de crédito.
- Solicitar incentivos en la última semana de la ingeniería de detalle para garantizar su autorización antes de la nacionalización de los equipos.
- Tener listas las obras civiles antes de la llegada de los equipos.

## CONCLUSIONES

A partir de la ampliación esperada de la planta de procesamiento de bebidas de Procesadora de Alimentos M y M, se pudo definir que no sólo requerirá para sus procesos energía eléctrica, sino energía térmica y de refrigeración. Las capacidades de suministro de energía para los diez años serán de un total neto de energía eléctrica de 203 kW, de energía térmica de 82,31 kW<sub>t</sub> y finalmente una energía de refrigeración de 109,8 kW<sub>t-f</sub>.

Se desarrolló un estudio técnico tanto para el sistema convencional como de trigeneración. El sistema convencional la energía eléctrica se obtiene a través de la red regional y la energía térmica y refrigeración se generan in situ mediante una caldera de vapor y chiller eléctricos respectivamente; para el sistema de trigeneración se planteó que la energía eléctrica se generará de un motor generador de 350 kW<sub>e</sub> a gas natural, el calor generado por el motogenerador y los gases de emisión equivalentes a 416 kW<sub>t</sub>, se utilizan para generar la energía térmica requerida por la planta llevada a través de un sistema intercambiador de calor, al igual que la refrigeración a través de un chiller de absorción; sin embargo el estudio técnico del modelo convencional se estableció con el fin de poder evaluar financieramente los consumos de energía y los ahorros esperados.

De la revisión normativa ambiental aplicable a un sistema de trigeneración se evidenció que se debe dar cumplimiento al Artículo 14 de la Resolución 909 de 2008 emitida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial correspondiente a: Estándares de emisión admisibles de contaminantes al aire para centrales térmicas con capacidad instalada inferior a 20 MW y plantas de cogeneración nuevas; respecto a las normativas energéticas se encontró que este tipo de proyectos se enmarca en los establecido en la Ley 1715 de 2014, bajo estas disposiciones el proyecto de trigeneración es considerado un proyecto de eficiencia energética, dando el máximo aprovechamiento de la energía contenida en el gas para generar diversos tipos de energía, bajo esta Ley el proyecto tendría opción de aplicar incentivos tributarios los cuales corresponde a la exclusión del IVA en equipos, maquinarias y elementos utilizados para el montaje, y un descuento de renta del 25% de la inversión total del proyecto sin incluir servicios

y obras, para lograrlo se deberá requerir ante la autoridad una certificación de beneficio ambiental a través de la UPME y la autoridad nacional de licencias ambientales ANLA.

La evaluación financiera de la implementación del proyecto de trigeneración con una inversión de \$927.058.875 COP, presentó una viabilidad financiera una vez comparado con un modelo de convencional con una inversión de \$469.490.125 COP, representando unos ahorros superiores a la tasa de oportunidad definida por Procesadora de Alimentos M y M. Los ahorros del proyecto comparados entre los modelos obtuvieron un valor presente neto de \$ 393.274.909, una rentabilidad del 32,6% y un Payback de 2,9 años, con una probabilidad de ocurrencia del 90% en los tres; en la valoración se incluyó el incentivo tributario correspondiente la exclusión del IVA en maquinarias, equipos y elementos utilizados para el montaje, estas rentabilidades podrán ser mejorados si el proyecto opta por el incentivo en renta correspondiente al descuento en renta del 25% del total de la inversión en el año en que se realizó la misma. Al mismo tiempo se recomienda al inversionista tomar una deuda del 65% sobre el total de la inversión en maquinaria y equipo dado que mejora los ahorros del proyecto en \$ 128.219.415.

Se estipuló la articulación del proyecto a nivel del alcance, tiempo y costos, alineando los objetivos del proyecto con el objetivo estratégico de Procesadora de Alimentos M y M. a partir de los lineamientos de Project Management Institute PMI, donde elaboró la descomposición de entregables para definir el alcance del proyecto por medio de cinco paquetes de trabajo correspondientes a: ingeniería de detalle, adquisiciones y formatos de requerimientos, montaje de obra, puesta en marcha y entrega del proyecto; un cronograma donde se estipulo un tiempo de implementación de seis meses y un presupuesto aplicable a la implementación del sistema de trigeneración por un monto total de \$ 927.058.875 COP, en la modalidad de llave en mano EPC.

## BIBLIOGRAFÍA

- Agencia Europea de Medio Ambiente. (2017). La energía y el cambio climático. Retrieved December 2, 2018, from Agencia Europea de Medio Ambiente website:  
<https://www.eea.europa.eu/es/senales/senales-2017-configuracion-del-futuro/articulos/la-energia-y-el-cambio-climatico>
- Banco Mundial. (2018). Energía. Retrieved December 2, 2018, from Entendiendo la pobreza website: <https://www.bancomundial.org/es/topic/energy/overview>
- Bancolombia, G. (2019). Línea Sostenible Bancolombia. Retrieved from  
<https://www.grupobancolombia.com/wps/portal/empresas/productos-servicios/creditos/cartera-comercial/linea-sostenible-constructor>
- Colombia, R. de, Energía, M. de M. y, & Energética, U. de P. M. (2018). Registro de proyectos de generación de energía eléctrica. Retrieved from  
[http://www1.upme.gov.co/Documents/Energias\\_renovables/Cartilla\\_Generacion\\_Energia\\_Electrica.pdf](http://www1.upme.gov.co/Documents/Energias_renovables/Cartilla_Generacion_Energia_Electrica.pdf)
- Congreso de Colombia. *Proyecto de Ley. Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2018 – 2022 “Pacto por Colombia, Pacto por la Equidad”.* , (2018).
- CONGRESO DE LA REPÚBLICA. *Ley 1943 28 Dic 2018.* , (2018).
- Contraloría General de la República. (2017). *Informe de la auditoría de cumplimiento, al proceso de intervención a Electricaribe S.A. por parte de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios.* Retrieved from  
<https://www.contraloria.gov.co/documents/20181/764185/INFORME+AUDITORIA+DE+CUMPLIMIENTO+ELECTRICARIBE+S.A+Nov+2016+-+Sep+2017.PDF/dcbfa04d-8438-460c-8216-3f8613186373?version=1.1>
- CREG, C. de R. de E. y G. (1998). *Resolución CREG 131 de 1998.* Retrieved from  
[http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/2b8fb06f012cc9c245256b7b00789b0c/c2d01cc1ae3da04a0525785a007a5fa5/\\$FILE/Cr131-98.pdf](http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/2b8fb06f012cc9c245256b7b00789b0c/c2d01cc1ae3da04a0525785a007a5fa5/$FILE/Cr131-98.pdf)
- DANE, D. A. N. de E. (2005). *Proyecciones de población municipales por Área - Colombia.* Retrieved from  
[https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/poblacion/proyepobla06\\_20/ProyeccionMunicipios2005\\_2020.xls](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/poblacion/proyepobla06_20/ProyeccionMunicipios2005_2020.xls)

- Datos Abiertos. (2019). Tarifas aplicadas de Gas Natural. Retrieved from <https://www.datos.gov.co/Minas-y-Energ-a/Tarifas-aplicadas-de-Gas-Natural/ek3f-5wn4/data>
- Diario Costa Noticias. (2018). En Un Debate Más A Crisis De Electricaribe: El Problema Empezó En El 2013, Cuando Gas Natural Empezó A Operarla. Surgen Varias Propuesta De Solución A La Crisis. No Al Alza De Tarifas. *Costa Noticias*. Retrieved from <http://www.costanoticias.com/en-un-debate-mas-a-crisis-de-electricaribe-el-problema-empezo-en-el-2013-cuando-gas-natural-empezo-a-operarla-surgen-varias-propuesta-de-solucion-a-la-crisis-no-al-alza-de-tarifas/>
- Diario El Espectador. (2016). El problema de la energía en la Costa. *El Espectador*. Retrieved from <https://www.elespectador.com/opinion/editorial/el-problema-de-energia-costa-articulo-647824>
- DNP, D. N. de P. (2017). *Energy Demand Situation in Colombia*. Retrieved from <https://www.dnp.gov.co/Crecimiento-Verde/Documents/ejes-tematicos/Energia/MCV - Energy Demand Situation VF.pdf>
- El Herald. (2016, March 13). El mapa del deficiente servicio de energía en la Costa. *Periodiico El Herald*. Retrieved from <https://www.elheraldo.co/local/el-mapa-del-deficiente-servicio-de-energia-en-la-costa-248430>
- Electrificadora del Caribe S.A. E.S.P. (2019). *Factura Electricaribe ciclo Marzo de 2019*. Maicao, La Guajira.
- Emisora Atlantico Espectacular. (2016). Problemática de energía eléctrica en la Costa está afectando la competitividad de la industria: ANDI. *Emisora Atlantico Espectacular*. Retrieved from <http://emisoraatlantico.com.co/economia/problematika-energia-electrica-la-costa-esta-afectando-la-competitividad-la-industria-andi/>
- Estatuto, A.-. *Estatuto Tributario Nacional*. , (2019).
- GIZ, D. G. fur I. Z. (n.d.). *Cogeneration & Trigenation-How to Produce Energy Efficiently*. Retrieved from <https://www.giz.de/expertise/downloads/giz2016-en-energy-cogeneration-trigenation-guide.pdf>
- Grupo Intergubernamental de Expertos Sobre el Cambio Climático. (1996). *Tecnologías, políticas y medidas para mitigar el cambio climático*. Retrieved from <https://www.ipcc.ch/pdf/technical-papers/paper-I-sp.pdf>

- IIR, I. I. of R. (2017). *33rd Informatory Note on Refrigeration Technologies / January 2017*. Retrieved from [http://www.iifiir.org/userfiles/file/publications/notes/NoteTech\\_33\\_EN.pdf](http://www.iifiir.org/userfiles/file/publications/notes/NoteTech_33_EN.pdf)
- Institute., P. M. (2004). Capitulo 2:: Ciclo de vida del Proyecto y Organización. In *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK guide)*.
- Jose, J., & Miranda, M. (2005). *GESTION DE PROYECTOS IDENTIFICACION - FORMULACION EVALUACIÓN FINANCIERA –ECONÓMICA – SOCIAL – AMBIENTAL*.
- Marinova, M., Espejel, E. M., Bakhtiari, B., & Paris□, J. (2007). A NEW METHODOLOGY FOR THE IMPLEMENTATION OF TRIGENERATION IN INDUSTRY: APPLICATION TO THE KRAFT PROCESS. *École Polytechnique*, 16–17. Retrieved from [https://www.researchgate.net/publication/310511996\\_Trigeneration\\_-\\_a\\_way\\_to\\_improve\\_food\\_industry\\_sustainability](https://www.researchgate.net/publication/310511996_Trigeneration_-_a_way_to_improve_food_industry_sustainability)
- Ministerio de Ambiente, V. y D. I. (2013). Decreto 1220 de 2005. *Decreto 1220 de 2005*, 1220, 18.
- Ministerio de Ambiente, V. y D. T. (2008). Resolución 909/2008. *Resolucion 909 De 2008*, (909), 36. Retrieved from <http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/f0-Resolución 909 de 2008 - Normas y estandares de emisión Fuentes fijas.pdf>
- MINMINAS, Mi. de M. y E. (2016). “Se rebosó la copa y el Gobierno está listo para tomar las medidas necesarias que garanticen la prestación del servicio de energía en el Caribe”: Ministro Arce. *Ministerio de Minas y Energía*. Retrieved from <https://www.minminas.gov.co/historico-de-noticias?idNoticia=23811407>
- Municipios de Colombia. (2019). MUNICIPIOS.COM.CO. Retrieved April 16, 2019, from <https://www.municipios.com.co/la-guajira/maicao>
- Nassir, S. C., & Sapag Chain, R. (2008). *PREPARACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS* (Quinta; L. Solano Arévalo, Ed.). Retrieved from <http://www.grupomera.net/eBooks-PDF/EvaluacionProyectos/Preparacion-Evaluaci%F3n-Proyectos-SAPAG-5ta.pdf>
- Procesadora de Alimentos M y M. (2019). *Entrevista Procesadora de Alimentos M y M*. Maicao, La Guajira.
- Sapag, C. N. (2001). *Evaluación de los proyectos de inversión en la empresa* (Pearson Education S.A., Ed.). Argentina.
- UPME. (2016). *Guía práctica para la aplicación de los incentivos tributarios de la Ley 1715 de*

2014. Retrieved from

[http://www1.upme.gov.co/Documents/Cartilla\\_IGE\\_Incentivos\\_Tributarios\\_Ley1715.pdf](http://www1.upme.gov.co/Documents/Cartilla_IGE_Incentivos_Tributarios_Ley1715.pdf)

UPME, U. de P. M. E. (2015). *PLAN ENERGÉTICO NACIONAL COLOMBIA: IDEARIO ENERGÉTICO 2050*. Retrieved from

[http://www1.upme.gov.co/Documents/PEN\\_IdearioEnergetico2050.pdf](http://www1.upme.gov.co/Documents/PEN_IdearioEnergetico2050.pdf)

UPME, U. de P. M. E. (2018). *INFORME MENSUAL DE VARIABLES DE GENERACIÓN Y DEL MERCADO ELÉCTRICO COLOMBIANO-MARZO DE 2018*. Retrieved from

[http://www.siel.gov.co/portals/0/generacion/2018/Informe\\_de\\_Variables\\_Mar\\_2018.pdf](http://www.siel.gov.co/portals/0/generacion/2018/Informe_de_Variables_Mar_2018.pdf)

UPME, U. de P. M. E. (2019). Registro e Incentivos. Retrieved from

<http://www1.upme.gov.co/Paginas/incentivos-FNCE.aspx>

Valenzuela Keller, A. (2014). Costo de Capital Modelo CAPM. *Facultad de Ciencias Sociales y Económicas UC Del Maule*.